平成26年度
安全な生産システムの構築能力向上のための
調査研究報告書

平成27年３月

一般社団法人　**日本機械工業連合会**

RING!RING! プロジェクト

この報告書は、競輪の補助金により作成しました。

http://ringring-keirin.jp/

序

当会は、経済産業省、公益財団法人JKA及び関係団体のご協力を得て、「機械安全の標準化事業」と「機械安全の推進事業」に取り組んでおります。

これは、機械安全の国際標準化活動における国内審議団体としての使命を果たすとともに、その普及活動を通じて我が国における機械安全の確保に貢献しようとするものであります。

機械安全は、EUにおけるCEマーキング制度の発足を契機に、関連するEN規格が制定され、これに基づく国際規格化が進められるなど、世界的にもその重要性が認知されております。

我が国においても、平成 13 年の機械の包括的な安全基準に関する指針にはじまり、平成 26 年労働安全衛生法改正による設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全教育カリキュラムの提示、産業用ロボットと人との協働作業が可能となる安全基準の明確化、また、経済産業省の製品安全に関する施策として、製品安全対策優良企業表彰受賞者による製品安全コミュニティーの設置及び生活支援ロボット安全検証センターの設置など、安全性確保に向けた取組が充実しつつあります。さらに、国土交通省における機械式立体駐車場の安全対策(ガイドライン発行、JIS 化開始)が提示されており、幅広い分野において安全対策が推進されることが期待されています。

本事業では、複数台の機械が設置され、協働する生産システム、例えば、ロボットを活用した生産ラインのリスクアセスメントについて、安全仕様から、これに基づき要求分析、仕様策定、基本設計、詳細設計、妥当性確認等の各段階で実施されるリスクアセスメント作業を明確にし、その作業内容について詳細説明を加え、生産システムのリスクアセスメント手法を確立し、ガイドラインとして作成するための討議を行っております。

平成 26 年度は、ISO 11161 で規定するインテグレータを共通概念とし、①要求分析、②仕様策定、③基本設計、④詳細設計、⑤妥当性確認の各段階における必要な要件等の洗い出しを行いました。

本報告者は、企業が機械安全へ取り組む一助となるよう、取り纏めたものです。

本報告書が、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成 27 年 3 月　　一般社団法人日本機械工業連合会

会 長　岡 村　　正

はじめに

機械安全に関しては、安全の基本概念から個別機械の安全に至るまでの技術による工学的対策を基本とする考え方が、ISO／IEC 国際標準として体系化されている。欧州から発信されたこの考え方は、今や、北南米、また、中国を含むアジア各諸国にも広がり、機械災害防止の世界的な共通認識となっているが、我が国では、これまで機械を使用する人の作業安全対策を中心に機械災害の防止活動を推進してきたという背景から、十分に浸透していないのが現状である。生産技術の国際競争力を維持する意味でも、機械安全の本質を理解し、生産現場で稼働する機械の安全性確保にどのように繋げるかが重要と思われる。

本事業は、生産性と安全性の双方を確保した生産システムを構築するために使用されるガイドラインを作成することを目的としている。

具体的には、複数台の機械が設置され、協働する生産システム、例えば、ロボットを活用した生産ラインのリスクアセスメントについて、安全仕様から、これに基づき要求分析、仕様策定、基本設計、詳細設計、妥当性確認等の各段階で実施されるリスクアセスメント作業を明確にし、その作業内容について詳細説明を加え、生産システムのリスクアセスメント手法を確立し、ガイドラインとして作成することである。

平成 26 年度においては、ISO 11161 で規定するインテグレータを共通概念とし、①要求分析、②仕様策定、③基本設計、④詳細設計、⑤妥当性確認の各段階における必要な要件等の洗い出しを行い、報告書としてとりまとめた。

本調査研究部会での議論が、多くの生産現場において、安全問題の抽出や明確化に役立てられるとともに、各種安全規格への対応の促進及び「機械の包括的な安全基準に関する指針」の普及と浸透に寄与することを期待する。

安全な生産システムの構築能力向上のための調査研究部会

主査　福 田 隆 文

安全な生産システムの構築能力向上のための調査研究部会　委員名簿

（敬称略、委員氏名五十音順）

	所属・職位	氏名
主　査	長岡技術科学大学　システム安全系　教授	福　田　隆　文
副主査	オムロン(株) IABカンパニー オートメーションセンタ 技術部　東部技術グループ　主事	井　上　正　也
幹　事	平田機工(株)　開発本部　開発部　グループマネージャ	木　下　博　文
委　員	テュフズードジャパン(株)　製品安全部　部長	石　川　滋　久
	(独法)労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ　部長	梅　崎　重　夫
	オムロン(株)　IABカンパニー オートメーションシステム統括事業部 ビジネスディベロップメントセンタ　主査	川　崎　健　司
	富士重工業(株)　群馬製作所　人事部　安全衛生課 担当	志　賀　　敬
	コマツ産機(株)　事業企画部　主査	畑　　幸　男
	旭硝子(株) 技術本部 エンジニアリングセンター 技術グループ 主幹	藤　田　哲　夫
	(株)安川電機　ロボット事業部 システム技術部　東部ロボット営業技術課　課長	藤　森　　明
	長岡技術科学大学　システム安全工学研究室	飯　澤　祐　貴
事務局	(一社)日本機械工業連合会　標準化推進部長	宮　崎　浩　一
	(一社)日本機械工業連合会　標準化推進部　課長	野　村　浩　章
	(一社)日本機械工業連合会　標準化推進部　課長	吉　田　重　雄
	(株)三菱総合研究所　科学・安全政策研究本部 主席研究部長	首　藤　俊　夫
	(株)三菱総合研究所　科学・安全政策研究本部 チーフリサーチプロフェッショナル	土　屋　正　春

（平成27年3月1日 現在）

目　次

はじめに

1. 背景と目的 1

2. 研究部会の開催 2

3. 用語の確認 3

3.1 統合生産システムについて 3

3.2 機械・設備安全にかかわるインテグレーションとインテグレータ 3

4. 安全な生産システムの構築に関する検討 5

4.1 研究部会における議論 5

5. 検討成果 15

6. 今後の検討課題 16

おわりに

付録

図 表 目 次

図 4-1 IMS 構築の実施手順 13

表 4-1 IMS 構築のために必要な要件 14

1. 背景と目的

ISO/IEC（国際標準）や JIS(日本工業標準）において、機械の安全設計に関しては、リスクアセスメントを前提として、リスクの大きさに応じてリスク低減対策を実施することが規定されている。我が国においても、産業機械分野については労働安全衛生法第 28 条に規定されるように安全対策はリスクアセスメントに基づいて実施することが定められている。また、実際にリスクアセスメントを実施するための技術文書としては、JIS B 9700 や機械の包括的な安全基準に関する指針などが発行されている。

しかしながら、これらの技術文書はいずれも単体機械に対するリスクアセスメント手法を示すものであり、『複数台の機械が連携する生産システムとしてのリスクアセスメント』については、規格類のみならず、各業界においても技術文書は作成されていない。

本事業では、複数台の機械が設置され、協働する生産システム、例えば、ロボットを活用した生産ラインのリスクアセスメントについて、安全仕様から、これに基づき要求分析、仕様策定、基本設計、詳細設計、妥当性確認等の各段階で実施されるリスクアセスメント作業を明確にし、ガイドラインとして作成することを目的としている。これにより、我が国における安全な生産システムの構築能力の向上を図る。また生産システムの海外展開の一助とする。

2. 研究部会の開催

本調査研究の目的を達成するために、機械安全および設備安全に関する有識者から構成される「安全な生産システムの構築能力向上のための調査研究部会」（以下、研究部会）を組織し、以下に示す 3 回の研究部会を開催し検討を行った。

- 第 1 回　　平成 26 年 9 月 11 日
- 第 2 回　　平成 26 年 12 月 11 日
- 第 3 回　　平成 27 年 2 月 10 日

3. 用語の確認

生産システムの構築に関する用語の定義について、国際標準等の定義に基づき確認した。

3.1 統合生産システムについて

今回の検討の対象としている生産システムについては、ISO 11161[1]では、統合生産システム（IMS：Integrated Manufacturing System）に相当するものと考えられる。

統合生産システム（IMS : Integrated Manufacturing System）（ISO 11161 3.1）

個々の部品又は組立品の製造、処理、移動あるいは包装のために、材料搬送システムで連結され、制御機器（IMS 制御機器）で相互に接続された状態で、協調して作業する機械のグループ

この定義で言えば、通常の製造業で使用される機械設備については、ほとんど全て統合生産システムに相当すると考えることができる。

また、ISO 11161 では、統合生産システムに関する考え方も示されている。

ISO 11161 Introduction

「統合生産システム」は、構成要素を単純に繋げたものと考えるより、「完全に新しく、今までと異なる機械」と考えるべきである。

生産ラインのインテグレータは、統合生産システムを構築するものであるが、以上の考え方に基づけば、単体機械を繋いで生産ライン構築をするのではなく、「新しい機械を作る」役割を担っていると考えるべきである。

3.2 機械・設備安全にかかわるインテグレーションとインテグレータ

ANSI B11.20[2]では、用語の定義として、インテグレータ（integrator）を以下のように定義して

---

[1] ISO 11161:2007 Safety of machinery - Integrated manufacturing systems - Basic requirements 機械の安全性－統合生産システム－基本的要求事項

[2] ANSI B11.20 -2004(R09) Safety Requirements for Integrated Manufacturing systems 統合生産システムのための安全要求

いる。

3.28 integrator （ANSI B11.20）

A supplier who applies or installs safeguarding, safety-related control interfaces, interconnections or the safety-related functions of the control system into a machine production system.

安全装置、安全に関する制御インターフェースや接続装置、または制御システムの安全に関する機能を、機械生産システムに適用またはインストールするサプライヤ

つまり、ここでは、安全に関する機能についても、インテグレータの守備範囲として考えられている。

また、ISO 11161 では、用語の定義として、インテグレータ（integrator）を以下のように定義している。

3.10 integrator

entity who designs, provides, manufactures or assembles an integrated manufacturing system and is in charge of the safety strategy, including the protective measures, control interfaces and interconnections of the control system

NOTE The integrator may be a manufacturer, assembler, engineering company or the user.

統合生産システム（IMS）の設計、供給、製造、組立を行い、保護方策、制御インターフェース、制御システムの接続を含む安全戦略を担当するもの

注記　インテグレータは、メーカ、組立者、エンジニアリング会社あるいはユーザである場合がある

4. 安全な生産システムの構築に関する検討

4.1 研究部会における議論

研究部会では、機械安全および設備安全に関して豊富な経験と知見を有する委員により議論をいただき、今回の目的であるガイドライン作成を検討していくために有効と考えられる多くの事項が指摘された。

(1) 研究部会の目的について

- 本研究部会では、「複数台の機械が連携する生産システムとしてのリスクアセスメント」を対象として、ガイドラインを作成することを目的とする。
- 複数の機械が協働する生産システム（ロボットを活用した生産システム）のリスクアセスメントについて、安全仕様に基づき要求分析、仕様策定、基本設計、詳細設計、妥当性確認等の各段階で実施されるリスクアセスメント手法を確立し、ガイドラインとして作成することが求められている。

(2) ガイドラインの内容について

- ガイドラインを使用する人は、生産システムのインテグレータを想定している。大企業では、生産技術部の担当者が相当すると考えられる。
- ガイドラインのターゲットは、インテグレータ（生産技術部門）である。狙いとしては、自分たちが構築する生産システムが安全であると主張できる根拠として使えるようにすることである。
- 現在、日本国内で工場を新設することは少なくなってきている。今後は、さらに海外に生産システムを輸出していかなければならない。
- 生産システムを構築する際に、欧米では、安全の思想を問われることになるが、日本の事業者は、どのようにして安全性を確保しているかの説明を苦手にしているといわれている。そのためにも有効に活用できるガイドラインとしたい。
- 海外において、生産ラインの安全性を証明する方法が不足している（日本企業）。事故が起こっていない、ということだけでは説明にならない。説明できない点が問題である。安全な

ことを証明できるようにするためのガイドラインとしたい。

- このように考えたから生産ラインの安全性を確保できていると説明するためのバックボーンを与えることが、今回のガイドラインの狙いである。
- 機械安全の知識を有しているインテグレータが、自分が構築した生産システムを、明確に安全であると言えるようにするガイドラインにしたい。
- ロボットに隣接したベルトコンベヤの調整作業を行うためベルトコンベヤを停止して近づくときに、ロボットを停止しておかないと、ロボットに背中を叩かれることになる。正しくインテグレーションされていれば、ロボットは停止するはず。そのようなインテグレーションを実施し、自らが構築した生産システムが安全であることを説明できるようにするためのガイドラインを作ることが目標である。
- ガイドラインには、IMS 特有の危険源を示すことが求められる。
- 複数の機械が連携した場合に、単体機械とは別に、どのような危険源が登場するのか、あるいは IMS 固有の危険源があるのか、それらをどのように対策するのかを、ガイドラインに含めていきたい。
- 例えば、人が電気炉を単体で使用する場合は、熱いので使用終了後 5 分間は開けてはいけないことになっている。ところが、ロボットが開けるとすると、熱くても開けられるため、その 5 分間を不要にすることができる。ただし、ロボットの故障時にどうするか、その際に人間が代わりに行う場合の危険をどう防ぐのか、という点に漏れなく気づくことができるガイドラインにしたい。

(3) IMS の定義

- IMS の定義については、ISO 11161 の定義としたい。
- ISO 11161 の定義では、IMS は複数の機械が協調している、とされている。単に複数の機械が置いてあるだけでは、IMS とは言えない。
- 現状では、全ての生産ラインはインターロックが組み込まれており、IMS であるといえる。
- 機械 A と B が同一のメーカで並んでいる場合は、同一の機械として扱っている。機械 A と C が同一であろうが、その間に別メーカの機械 B が入る場合は、ABC は個別の機械として

扱っている。個別の機械としてリスクアセスメントを行い、その結果を組み合わせて、ISO 11161 で評価している。

(4) インテグレータの役割について

- IMS の特徴としては、複数の機械が繋がれていることであるが、そのために、どこかに安全の境界ができる。したがって、それぞれの安全について誰が責任を持つかを明らかにする必要がある。インテグレータが存在しないと、誰も責任を持たずに野放しになってしまう可能性がある。

- 国内では機械ユーザの指示通りに、という対応が従来の基本的な考え方であったが、将来は、インテグレータが、もっと自信を持って自分の考え方で安全に取り組めるようにしたい。そのためには、インテグレータが、生産システムの安全性を証明する能力を身に付けることが必要とされる。

- IMS では、「複数の機械が連携する」という点が重要。太字で強調するべきところである。その場合に、単体使用時の制限仕様を超えて使うことがあれば、それは IMS としたときの、新たなリスクでなる。

- 単体機械が複数つながれて IMS となったことにより発生するリスクに対応することは、インテグレータの役割である。

- インテグレータは、安全だけでなく、生産ラインの専門家としての設計能力も必要である。設計能力と安全の能力の両方が必要とされる。

- 生産システム全体の統合インテグレータは発注側に置くことになっている。生産ラインの専門家とセーフティアセッサの組み合わせで、インテグレータとして位置付けている。

- インテグレータは、かなり早い段階から情報を集めることで、リスクアセスメントを行うことができる。溶接に使用するエネルギーとかもリスクアセスメントに影響する。

- インテグレータというからには、最初の段階からリスクアセスメントシートを考えて、どの段階においても、最新の情報でシートを作成できるようにしておくべきである。

- IMS を構成する機械の中で、機械 C が故障したら全部を停止する、あるいは機械 A が故障した場合には部分的に動かす、というような条件を設定して、安全に作業ができるようにすることは、インテグレータの役割である。

- 他社メーカの機械が含まれていても、インテグレータとしてまとめることはできる。自社の部分と他社の部分のインターフェースの仕様に基づいて構築を行う。ただし、保証する範囲は自社部分のインターフェースの範囲までとなる。

(5) 検討の方向性

- IMS のインテグレータの役割をブレイクダウンすることで、ガイドラインに必要とされることが求められるのではないか。IMS とは何か、というアプローチと合わせて、両方から検討してみてはどうか。

- IMSとは何かを考え、それを適正に評価するために必要な評価項目を示し、その評価を行うには、どのような知識が必要であるか、という検討のアプローチが良いと考えられる。

- 検討を進めるにあたって、具体的なモデルを想定して検討する方法がよいと考えられる。

- ガイドラインを作成するにあたって、参考にすべき国内外の論文や解説や資料等について、できるだけリストアップすることが必要とされる。

(6) IMS 構築の手順

- IMS を構築するにあたって実施することを図として整理したい。例えば、経営上の要求から利益を上げるために、技術部として生産の省人化を図り、1 分当たりの生産個数を増加させたいと考えた。そのためには溶接ロボットの導入が必要である。また周辺設備も必要とされる。レイアウトを決めて、発注仕様書を書いて発注する。ここでは、IMS として使用するための制限仕様を含めることが必要とされる。単体機械メーカでは、単体機械の設計を行い、リスクアセスメントを実施する。使用場所に設置されて、単体の性能を確認した後に、システムとしての性能確認を行う。妥当性確認（バリデーション）である。インテグレータが実施することは、この中に示されている。安全性の確保も、この中に含まれる。（議論に基づき作成した図を図 4-1 に示す。）

- 生産システムでは、人とモノの動線が重要である。それにより、制御範囲をどのように設定するかが決まる。

- 複数の制御範囲を持つシステムにおいて、一つの制御範囲で動作が停止した時に、隣接の制御範囲ではどうするのか、人は動いてもよいのか、機械は動いてもよいのかを決める必要がある。

- IMS の安全を実現するには、安全のマネジメントが必要とされる。非常停止ボタンが押されたときに、一部を止めるのか、全体を止めるのかを、最初の段階で考えておかねばならない。

- 単体機械をロボットと組み合わせて使用する場合には、異常時に自動停止する機能が不要となるため、その機能を外す場合がある。この場合は、単体機械の安全性は低下しているとも言える。IMS と個別機械の安全は、別枠で考える必要がある。

- 機械メーカが単体機械をリスクアセスメントするためには、レイアウトが決まった段階で、機械の制限仕様を機械メーカに開示することが必要とされる。

- レイアウトと周辺設備は、同時に考えることが必要とされる。インターロックの信号の仕様を発注仕様に含めることが必要である。

- レイアウトの決定にあたっては、ロボットの可動範囲から必要とするクリアランスを求め、その他いろいろと考慮して全体のレイアウトを決定する。

- 自動機械だけで済むのか、人が介在する必要があるのか、という条件を明確にすることが必要である。

- ロボットの可動範囲からゾーンを決める。人がどのようなアクセスをするのか、ゾーン間の移動も考慮して決める。最終的には、リスクアセスメントシートに落とし込む。

- 実際の生産ラインでは、この機械だけは絶対に止められないという機械がある。その機械の前には、バッファを用意しておく。問題が発生した場合でも、何分間は生産が続けられるようにする、という要求を基本設計の段階で考えている。

- 要求仕様の確認としては、ISO 9001 の通りに行えば、単体機械でも IMS でも適用可能であると考えている。顧客からの要求に応えて設計仕様を作り、タクトや安全性に関する要求を解釈し、設計仕様をインテグレータが作成する。その後に、リスクアセスメントを行う。設計を行う手順は、単体機械でも IMS でも同様である。

(7) IMS 構築のために必要な要件

- 「IMS 構築のために必要な要件／もの」を表として整理したい。要求分析から妥当性確認の段階に分けて、それぞれの段階に、どのようなことが必要とされるかを整理してまとめたい。（議論に基づき作成した表を表 4-1 に示す。）

- 最近の生産システムのレイアウトでは、単体機械をローラーで繋いで構成することが多い。仕様が決まればレイアウトはできる。何を作るか、材料は何かにより、プレスか射出成型かが決まる。スピードが決まると、ロボットを使用するか人が関与するのかが決まる。
- 材料と形状が決まれば工程分析はできる。形状を知るためには図面が必要とされる。生産量と単位時間の生産数が必要である。要求公差は形状に含まれると考えられる。材料の選定は機械の能力に影響する。
- 環境規制の法令を考慮することが必要と考えられる。海外の仕向地の法令や電源容量等が制限事項になる。
- 電気やガス等のユーティリティの条件が必要である。
- 特定メーカのロボットを使用するのであれば、要求分析段階での指定が必要とされる。
- 耐用年数を明確に指定している。それにより、耐久応力が変わってくる。
- 作業者の数の情報が必要である。
- 最大製品寸法が最も影響する。それにより、生産ラインの長さが決まる。製品寸法とタクトが決まると、何台の機械が必要とされるかが明確になる。
- 搬入と搬出のスタイルが、自動か手動かを決めることが必要である。
- 生産する品目の種類の数については、通常は最大値で考えておく。バリエーションを増やすと生産性が落ちることがあり、コスト計算が必要である。
- 基本設計段階では、ゾーン間のリスクアセスメントを行う。詳細設計段階では、ゾーン内のリスクアセスメントを行う。
- 基本設計では、鳥瞰図のようなものを作り、それを元にリスクアセスメントを行う。
- ロボットと機械の間に人が挟まれるようなハザードは、IMS の基本設計の段階で考えることになる。
- 基本設計の段階では、制御区分を決める。絶対に停止しないものについては、停止しないような基本設計を行う。

(8) 設計仕様書について

- 単体機械でも IMS でも、設計書を作成することが必要であり、設計書の中身が明確になっていないことが問題である。設計書に何を盛り込むかを明確にする必要がある。

- 設計仕様書（設備の基本仕様書）の例を紹介する。顧客と納入仕様を合意するためのツールとして使用している。単体でも IMS でも、基本的には変わらない。納期、動力源、適用機構、環境、電源タイプ、ポンプやスイッチの仕様、パーツのメーカ、レイアウト等が含まれている。異常時の表示、非常ボタンの設置、対応すべき法規等、安全に関係する部分もある。

- 安全の仕様をリストアップして見える化できるとよい。その中で、インテグレータがやるべきこと、ユーザがやるべきことを明確に示せるとよい。

- 機械ユーザあるいは、サプライヤやインテグレータからは、一般的な要求仕様であれば提示できると考えられる。会社として要求仕様のフォーマットを決めており、その各項目に具体的な数値を入力して使用しているはずである。

- 社内には標準の設備仕様書がある。概要から始まり、納期、環境、顧客からの要求等を、漏れなく記録してまとめるものである。レイアウト図の有無、構成図作成の有無、見積書の有無等も記載される。生産台数、稼働率、不良率、搬送の形態、動力源の電圧等も含まれる。

- 欧州向けには、設計標準仕様書に機械指令の考慮の状況が示されている。CE マーキング対応業務フローも作成している。

- 設計標準仕様書は、見積仕様書でもあり納入仕様書でもある。レイアウト図を付けて顧客に提出している。

(9) ケーススタディについて

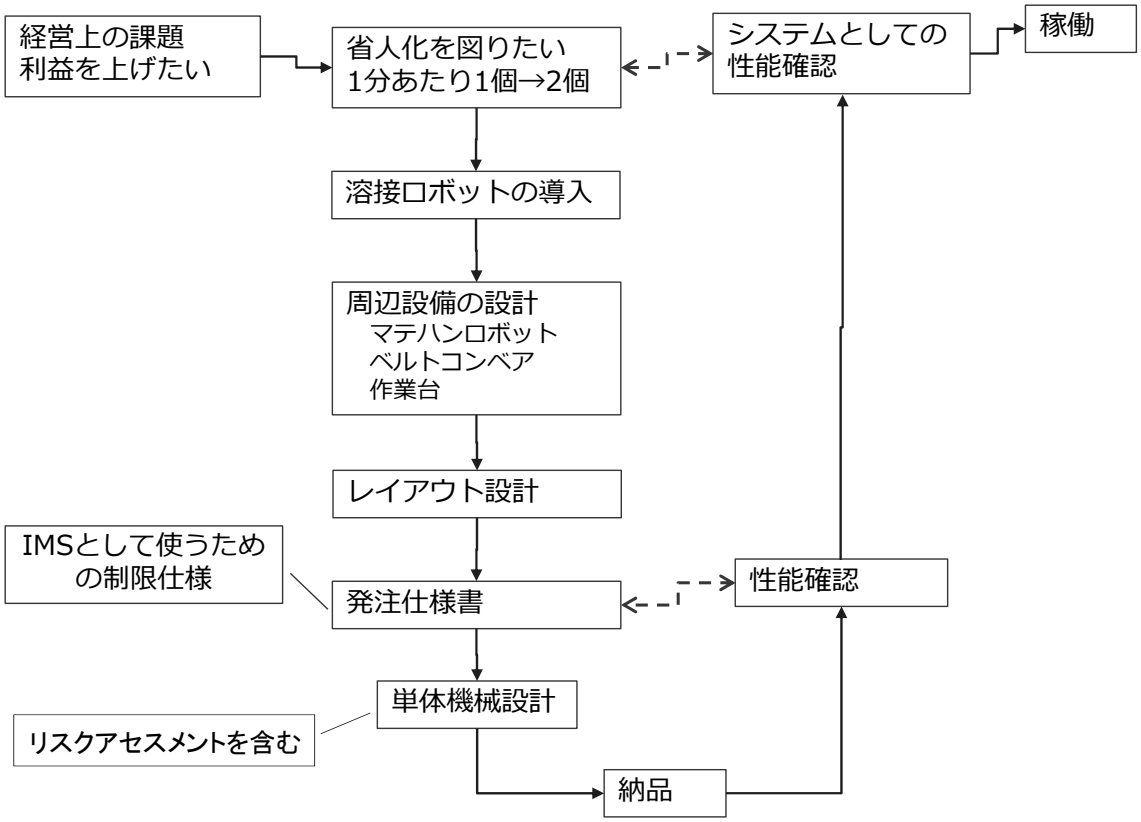
- ガイドラインでは、一般論としての要求事項を示しただけでは表面的にならざるを得ないため、ケーススタディを行って具体的な議論を行うことが必要である。ケーススタディをベースに、実際の業務では気を付けるべき点を類推することができるガイドラインとしたい。

- ケーススタディについては、ある生産ラインを想定して仕様書を作成し、そこからブレイクダウンして設計を行うというストーリを設定して検討を行いたい。具体的な議論をするために、具体的なケースで考えることとする。

- ケーススタディを行うにあたっては、ISO 11161 の要求事項をまとめて共有したうえで進めることが望ましい。
- ケーススタディは、自動化された生産ラインと、人が関与する生産ラインの両方について行えることが理想である。

(10) 次年度に向けての課題

- 次年度ではガイドラインの作成に向けて、ケーススタディを実施することとする。
- 次年度までに、主査を中心に複数の委員でケーススタディの候補を検討して、研究部会に提案する。
- ガイドラインを作成するにあたって、参考にすべき国内外の論文や解説や資料等について委員がリストアップしたものを事務局で整理する。



注記　安全性の確保も構築手順に含まれる

図 4-1 IMS 構築の実施手順

表 4-1 IMS 構築のために必要な要件

	必要な要件／もの etc.
0 一般 （入力情報 客先及び／又は事前調査）	●仕向け地の法律／法規制 ●機械設置環境（使用環境／気圧、温度、湿度、ユーティリティ） ●設備コスト ●ロード／アンロード（材料投入と製品搬出方法－人及び／又は機械） ●機械メーカ（Ex.ロボット）の指定 ●IMS／機械の耐用年数 ●作業者数
1 要求分析	●工程分析：材料と製品形状（公差、製品寿命／製品設計は織り込み済み、製品の種類／バリエーション etc.含む）、パワー／機械能力（単体機械）、生産数－累計／単位時間、タクトタイム ●工具の交換頻度 ●設備コスト ●製品寸法 ●仕向け地の法律／法規制 ●機械設置環境（使用環境／気圧、温度、湿度、ユーティリティ）
	RA: RA のための情報収集／分析段階
2 仕様策定	●機械メーカ（Ex ロボット）の指定
	RA: 重要な危険源の特定、
3 基本設計	
	RA: 鳥瞰図ができた段階で実施？？？ 1 機械統合時の危険源 → この段階で洗い出し。 ↓ 2 止める部分と止めない部分（止めてはいけない部分）の想定／決定
4 詳細設計	
	RA 後の対策の決定 →相互インターロック（協調／非常停止範囲 A,B,C）etc.
5 妥当性確認	

注記 この表は作成途中であり、次年度の作業として継続される。

5. 検討成果

研究部会で、安全な生産システム構築のためのガイドライン作成について検討を進めた成果として、以下の7つの点があげられる。

(1) ガイドライン作成の目的と内容について確認することができた。

(2) IMS の定義について確認することができた。

(3) インテグレータの役割について確認することができた。

(4) ガイドライン作成検討の方向性について確認することができた。

(5) IMS 構築手順について整理し共有することができた。

(6) IMS 構築のために必要な要件について整理し共有することができた。

(7) 次年度に向けた課題を明確にすることができた。

6. 今後の検討課題

今年度の検討成果を踏まえて、次年度において目標に向けて検討すべき課題を以下に示す。

今後の検討課題

- **ケーススタディの実施**
  - 具体的な IMS のモデルを設定し、構築のプロセスにおける安全性確保に必要とされることを検討し、ガイドラインに示すべき内容を整理する。
  - ケーススタディについては、自動化生産ラインと人が関与する生産ラインの両方について実施できることが望ましい。
- **情報の整理**
  - ガイドラインに示すべき情報を、国内外の論文や解説資料等から整理して示す。

お わ り に

機械安全国際標準にも示される機械安全に対する基本的考え方は、ヨーロッパやアメリカだけではなく、日本を除くアジア諸国にも浸透してきており、国際的な共通概念となってきている。

我が国の産業界では、従来は機械で安全を守るという考え方が薄かったため、現状でも機械安全国際標準の考え方は十分に浸透しているとは言えず、欧米に比べて機械の安全性に関しては低いレベルにあると言わざるを得ない。しかし、我が国製造業の作業安全のレベルは高く労働安全とともに生産設備の安全性を確保することで、事故防止のみならず品質維持など多くのメリットに繋がると考えられる。機械安全の本質を理解し機械安全構築の普及をはかり、日本における作業環境をも考慮にいれた安全のための技術を確立していくことが、国際社会における競争力の向上にも寄与すると確信する。

本年度の調査研究部会においては、ISO 11161 で規定するインテグレータを共通概念とし、要求分析、仕様策定、基本設計、詳細設計、妥当性確認の各段階における必要な要件等の洗い出しを行った。

本事業においては、企業の多くの生産現場が抱える問題である生産システムのリスクアセスメント手法を確立し、ガイドラインとして作成することは、今後の企業の生産活動における機械安全の一層の普及促進に貢献できるとともに、産業事故削減のためにも結びつくものと考えられる。

今回の活動が、日本における機械安全レベルの向上に、多少なりとも貢献することができれば幸いである。

本事業の実施に際し設置した「安全な生産システムの構築能力向上のための調査研究部会」の主査、副主査、幹事並びに委員の方々に深く感謝するとともに、今後の活動につきましても同様のご協力をお願いする次第です。

付 録

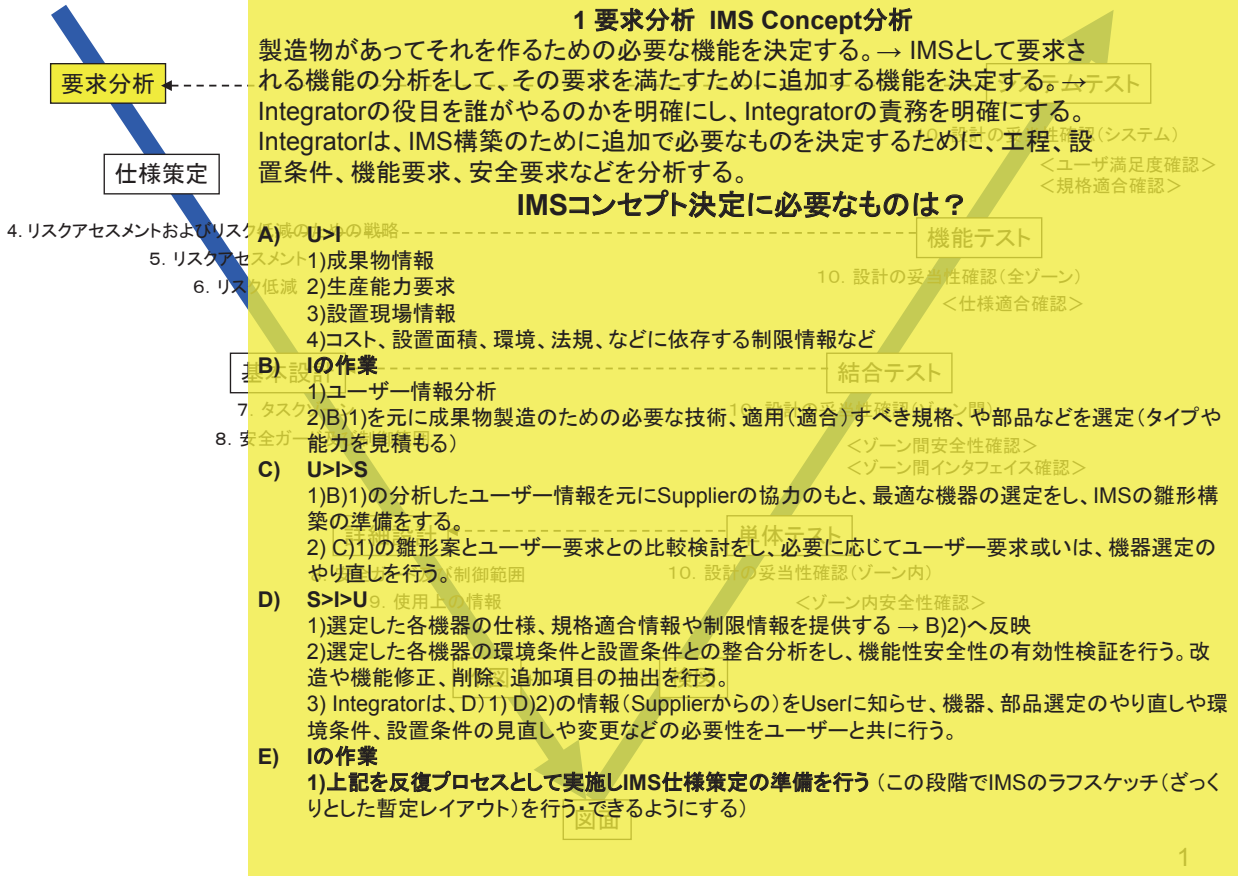
付 録 1 IMSにおける安全設計手法(トライアル)

付 録 2 “付録 1”の概要

付　録　1　IMSにおける安全設計手法(トライアル)

添付の文書は，自動車の車体部品の溶接工程をイメージし，トライアルとして作成したものである。

統合生産システム構築フロー



1 要求分析 IMS Concept分析

製造物があってそれを作るための必要な機能を決定する。→ IMSとして要求される機能の分析をして、その要求を満たすために追加する機能を決定する。→ Integratorの役目を誰がやるのかを明確にし、Integratorの責務を明確にする。Integratorは、IMS構築のために追加で必要なものを決定するために、工程、設置条件、機能要求、安全要求などを分析する。

IMSコンセプト決定に必要なものは？

A) U>I
1)成果物情報
2)生産能力要求
3)設置現場情報
4)コスト、設置面積、環境、法規、などに依存する制限情報など

B) Iの作業
1)ユーザー情報分析
2)B)1)を元に成果物製造のための必要な技術、適用（適合）すべき規格、や部品などを選定（タイプや能力を見積もる）

C) U>I>S
1)B)1)の分析したユーザー情報を元にSupplierの協力のもと、最適な機器の選定をし、IMSの雛形構築の準備をする。
2) C)1)の雛形案とユーザー要求との比較検討をし、必要に応じてユーザー要求或いは、機器選定のやり直しを行う。

D) S>I>U
1)選定した各機器の仕様、規格適合情報や制限情報を提供する → B)2)へ反映
2)選定した各機器の環境条件と設置条件との整合分析をし、機能性安全性の有効性検証を行う。改造や機能修正、削除、追加項目の抽出を行う。
3) Integratorは、D）1) D)2)の情報（Supplierからの）をUserに知らせ、機器、部品選定のやり直しや環境条件、設置条件の見直しや変更などの必要性をユーザーと共に行う。

E) Iの作業
1)上記を反復プロセスとして実施しIMS仕様策定の準備を行う（この段階でIMSのラフスケッチ（ざっくりとした暫定レイアウト）を行う・できるようにする）

1

1要求分析

ISO11161 Clause 4.1, 4.2, 5, 7.3, 7.4, Annex B

IMS Functionality/Performanceの決定
1.製造物情報（自動車車体部品）（U>I>S)
2. IMSのPerformance要求レベル（コスト、占有面積、タクトタイム等）（U>I>S）
3.必要な構成要素の決定（ロボット、ワークセットジグ等）（U>I>S）

IMSのリスク低減戦略と評価
4.上記3の要求水準達成のために、ロボットx2、コンベアの追加（Processの決定）（S>I)
5.ロボット、ワークセットジグ、コンベアの詳細仕様分析（サイズ、ユーティリティ、条件、適合規格など）（S>I）
6.IMS設置レイアウト決定（設計？）（U>I>S)
-設置場所の制約確認
基礎条件、設置面積、障害物の有無など（U>I>S)
設置環境固有の条件との適応性（汚損度合、可燃性雰囲気 、放射線の有無等、ロボットツールの決定）（S>I）
- Process Flow決定（作業Flow、材料Flow）（U>I）
- IMSレイアウト決定（I>U）
- タスクの決定（人のアクセス性含む）4.3
-作業者の人数、必要スキルの決定
- ゾーン（機械のゾーン5.2.3,5.2.4,7.1,7.3,8.2、タスクのゾーン決定5.1.3,8.1,8.1.2）

2

1要求分析

統合生産システム　TR用ﾓﾃﾞﾙ

【装置概要】
本ﾓﾃﾞﾙはｽﾀﾝﾄﾞｱﾛﾝ型(ﾜｰｸ投入・取出作業を作業者自身が行う半自動型)の自動車部品の溶接工程をｲﾒｰｼﾞしたものである。

【装置運用】
■定常作業(通常自動ﾓｰﾄﾞ)
-作業者Aはﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞに対し、素材である大物部品のﾜｰｸｾｯﾄを行い、手元操作BOXにて装置を起動させる。
溶接完了後に完成品を作業者自身で引き取り、再びﾜｰｸｾｯﾄを行う繰り返し作業である。(ﾀｸﾄ:60sec)
-作業者Bは定期的に小物部品搬送ｺﾝﾍﾞｱ上に小物部品の供給を行う。
なお、この作業は溶接工程起動状態にて実施する。(ﾀｸﾄ:60min)

■非定常作業(ﾒﾝﾃﾅﾝｽﾓｰﾄﾞ)
作業者Cは各ﾛﾎﾞｯﾄに対し、必要に応じてﾃｨｰﾁﾝｸﾞ作業等の調整作業を行う。
■危険源
-ﾛﾎﾞｯﾄAは柵内のﾏﾃﾊﾝ用ﾛﾎﾞｯﾄであり、小物部品搬送ｺﾝﾍﾞｱにて供給された小部品をﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上の大物部品へ組み付ける。ﾊﾝﾄﾞ先端には小物部品をﾁｬｯｸする機能を持ち、それはAir駆動である。
-ﾛﾎﾞｯﾄBは溶接専用ﾛﾎﾞｯﾄであり、大物部品と小物部品を溶接する。ﾊﾝﾄﾞ先端には溶接ｶﾞﾝのみ装備する。
-ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上のｸﾗﾝﾊﾟはAir駆動である。

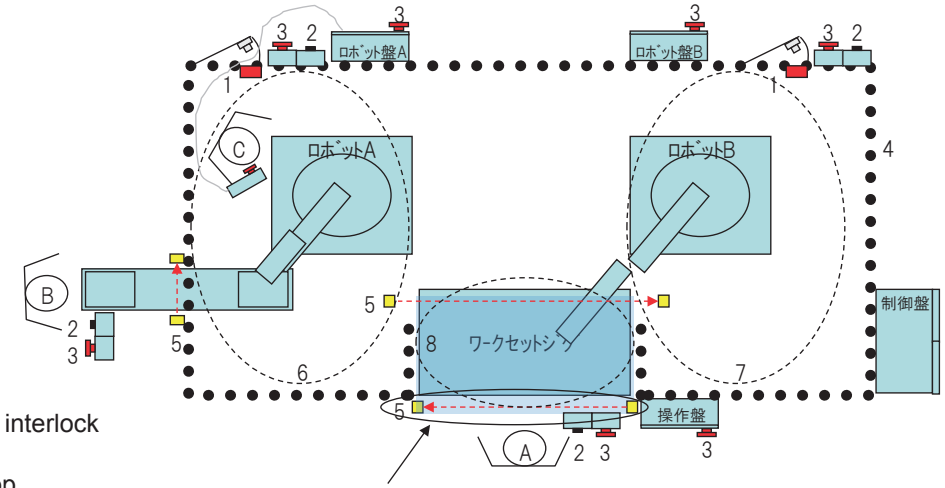
【その他前提条件】
-制御盤x3 (ﾛﾎﾞｯﾄ盤A、B、及びIntegratorが用意する制御盤でｶﾞｰﾄﾞ内全体の制御を行う。)
-ｿﾞｰﾝA、B、C間に物理的隔壁なし
-円を描く破線はﾛﾎﾞｯﾄA、Bの最大可動範囲を示す。
-完成品ﾜｰｸｻｲｽﾞは最大辺1.2m未満で、その重量は10kg未満と仮定。
-小物部品ｻｲｽﾞは最大辺0.3m未満で、その重量は5kg未満と仮定。

3

1要求分析

統合生産システム　TR用ﾓﾃﾞﾙ(改1)

IMS完成形イメージ



Key
1 Gate interlock
2 reset
3 E-stop
4 perimeter guarding
5 Safety light curtain
6 Zone A
7 Zone B
8 Zone C

両手操作保護＋ライトカーテン？(修正要)

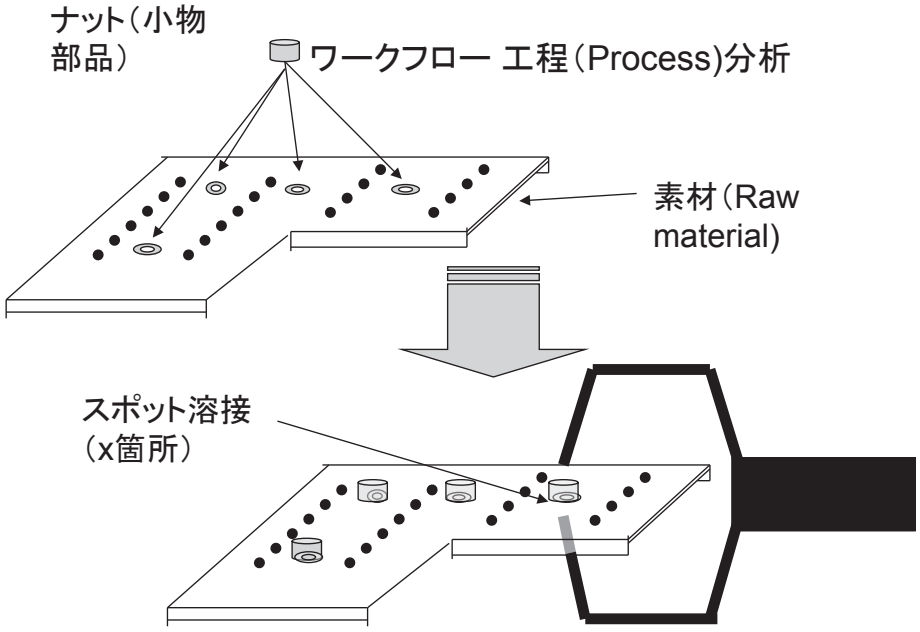
4

IMS 使用上の情報

機械 或いは部品	用力および定格情報	機械機能	機械間協調作業	人の介入	安全に関連する改造事項	その他
ロボット1						
ロボット 2						
ジグ						
コンベア						

5

ユーザー要求

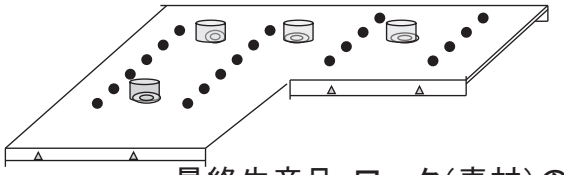


例えば全ての工程を手作業で行うことも可能であるが、それでは期待されるIMSの能力は満たせないため、溶接はロボットで行う。

6

ユーザー要求

ワークフロー 工程（Process)分析



最終生産品：ワーク（素材）の上にナットを乗せ、両方を溶接（溶着）する

必要部品：ワーク（素材）及びナット（4個）

ナットはワーク素材上のボス（台座）部分に手作業で置くか或いはロボットで置く。→要求されるタクトの短さから、今回はロボットで置く工程とする。

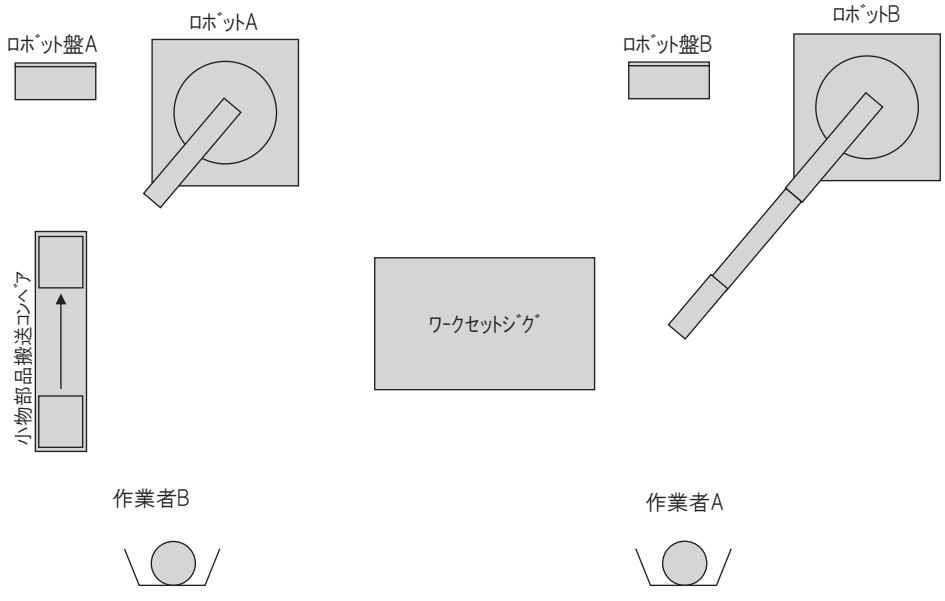
+ -1mmの精度が必要で、不良品はナットを取り外して再加工

精度向上及び作業簡便化のため、位置決めスリットをワーク素材に設ける。

7

ユーザー要求

例：構成要素と作業者の決定イメージPattern 2 の構成要素と必要人員分析



8

ユーザー 要求分析結果の表

IMS Concept ユーザー要求帳票				
	ユーザー要求	類似IMS実績	・・・・・・・・	・・・・・・・
製造物	自動車部品	同様の部品で有り		
生産能力	Tact time 60秒	90秒		
占有面積、設置場所状況	100m2（10x10） 高さ4m	64m2（8x8） 高さ 3.7m		
コスト	・・・・・	・・・・・・・		
・・・・・・・・				
・・・・・・・				

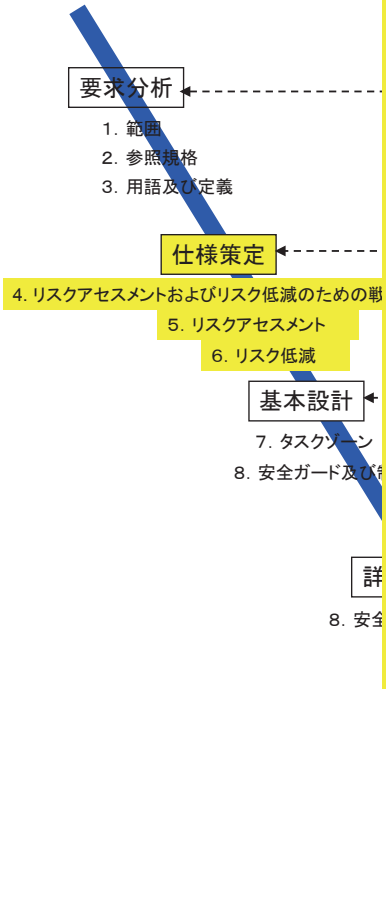
9

ユーザー 要求分析結果から、決定した必要な機械機能

工程分析（通常製造時）						
IMS内に存在する機械	機械側の機能	人の介入の必要性	求められるガード機能	形成するゾーン（名）	？？？？	？？？？？
ロボットB	溶接	無し	固定ガード系	Zone B		
ワークセットジグ	ワーク固定	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone D		
小物搬送コンベア	小物部品搬送排出	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone C		
ロボットA	小物部品搬送	無し	固定ガード系	Zone A		

10

統合生産システム構築フロー



2 仕様策定　IMS Concept分析及び決定

A)　Iの作業

1. 製造物製作のための機能から、必要な構成要素を決定する。決定された構成要素で十分かどうかの検討をする。不十分な場合は、立ち戻って構成要素の検討と決定をやり直す。
2. 製造物作成のための**工程（材料）フロー**の分析と、工程の決定を行う。
3. 工程フロー分析に基づき、IMS構成分析を進め、必要構成要素の絞込みと、暫定レイアウト案から暫定レイアウトへ移行させる。

3 IMS外部Interface基本事項決定

B)　Iの作業

1. **工程の決定に基づき**暫定レイアウトを決定し、空間要求、部品配置、Utility接続、占有面積など、IMSのコンセプト決定及び基本設計を実施する。

4 IMS安全戦略-1

C)　Iの作業

1. 意図したIMS仕様と制限の決定
2. 必要タスクの洗い出し
3. 作業者レベル要件決定
4. レイアウト分析、アクセス分析などを、（暫定レイアウトで行い）危険事象の抽出を行う

11

2仕様策定

ターゲット

- ライフサイクルの個々のフェーズにおけるタスクをリストする。
- タスクごとにリスクアセスメントを実施し、3ステップメソッドにもとづいてリスク低減手段を決定する
  - 本質安全、安全対策、情報（取扱説明書、危険表示、作業指示書、トレーニングなど）
  - 安全対策は　制御安全または他の手段
    - 制御安全ならISO13849－1にするのかIEC62061或いはIEC61508にするのかなど
- 場合によっては、単体機械の安全対策の必要性の有無も検討

各章 Introduction

1. 4.1章：リスクアセスメント及びリスク低減戦略
2. 4.2章：IMS限界仕様（図2参照）
   この章が求めていることは？：IMSの仕様の定義（限定）をすること。IMSの仕様とは？：生産物、生産能力、占有面積、必要なエネルギー、使用する技術・・・・・等。
3. 4.3章：タスク決定（図3参照）
   この章が求めていることは？：タスク分析リストを作成する
4. 4.4章：危険事象の識別
   この章が求めていることは？：以下にあがっている“－”項目をIMS特有の危険源として識別（同定）すること。
5. 4.5章：リスク査定と評価
   この章が求めていることは？：4.4の危険事象識別に加えてIMSのリスク評価を作業ゾーンに応じてすること。
   4.6章：リスク低減
   この章が求めていることは？：同定された危険事象の危険レベルの低減をISO12100の3ステップメソッドの考え方にしたがって実施すること。

12

2仕様策定

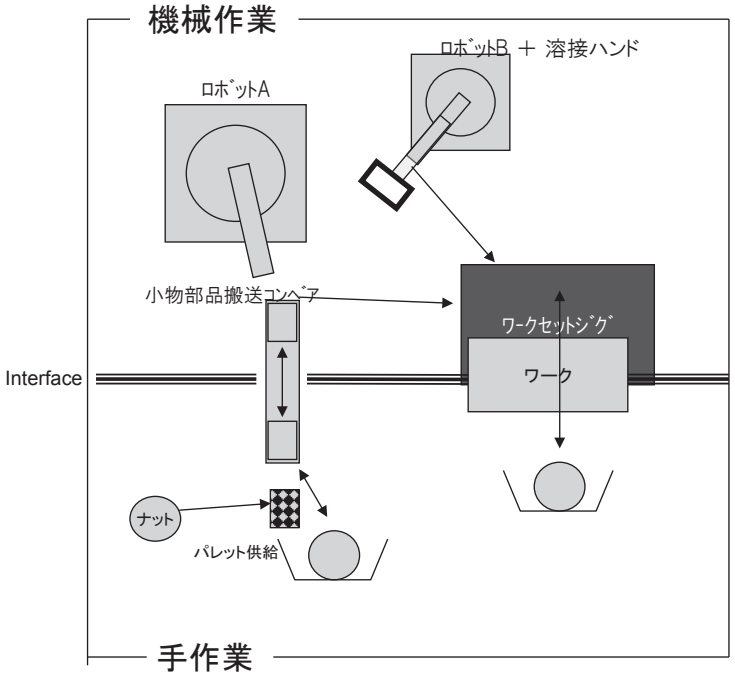
工程分析(通常製造時)						
IMS内に存在する機械	機械側の機能	人の介入の必要性	求められるガード機能	形成するゾーン(名)	？？？？	？？？？？
ロボットB	溶接	無し	固定ガード系	Zone B		
ワークセットジグ	ワーク固定	有り	可動ガード(か保護装置)	Zone D		
小物搬送コンベア	小物部品搬送排出	有り	可動ガード(か保護装置)	Zone C		
ロボットA	小物部品搬送	無し	固定ガード系	Zone A		

13

2仕様策定

仕様策定段階(工程決定仮定: 暫定レイアウト案2)

Pattern 2 最速タクトタイム (50秒)



14

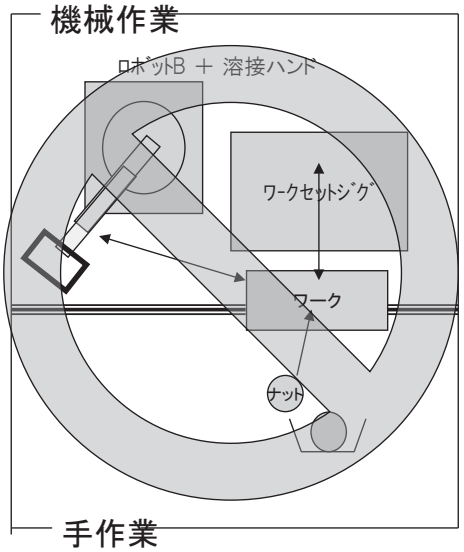
2仕様策定

工程分析（通常製造時）						
IMS内に存在する機械	機械側の機能	人の介入の必要性	求められるガード機能	形成するゾーン（名）	？？？？	？？？？？
ロボットB	溶接	無し	固定ガード系	Zone B		
ワークセットジグ	ワーク固定	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone D		
小物搬送コンベア	小物部品搬送排出	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone C		
ロボットA	小物部品搬送	無し	固定ガード系	Zone A		

15

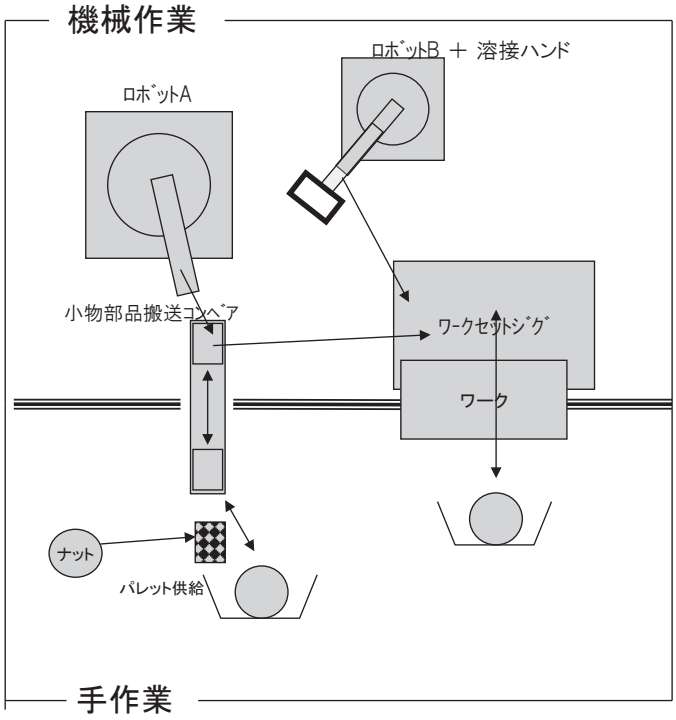
2仕様策定

Pattern 1 最速タクトタイム（2分）



IMS仕様要求分析、工程分析の結果、ユーザーとの合意により、Pattern2を採用することに決定。

Pattern 2 最速タクトタイム（50秒）



16

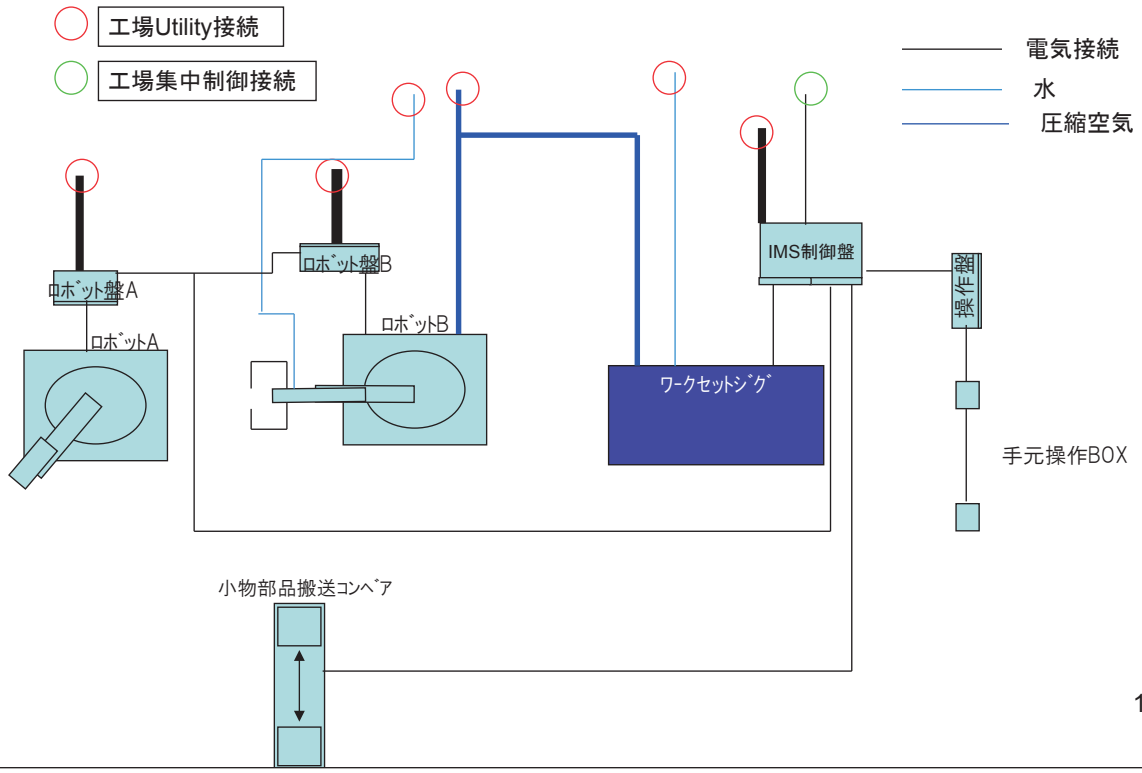
2仕様策定

工程分析（通常製造時）						
IMS内に存在する機械	機械側の機能	人の介入の必要性	求められるガード機能	形成するゾーン（名）	？？？？	？？？？
ロボットB	溶接	無し	固定ガード系	Zone B		
ワークセットジグ	ワーク固定	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone D		
小物搬送コンベア	小物部品搬送排出	有り	可動ガード（か保護装置）	Zone C		
ロボットA	小物部品搬送	無し	固定ガード系	Zone A		

17

2仕様策定

仕様策定段階（Pattern 2 Utility接続 Interface 接続）



18

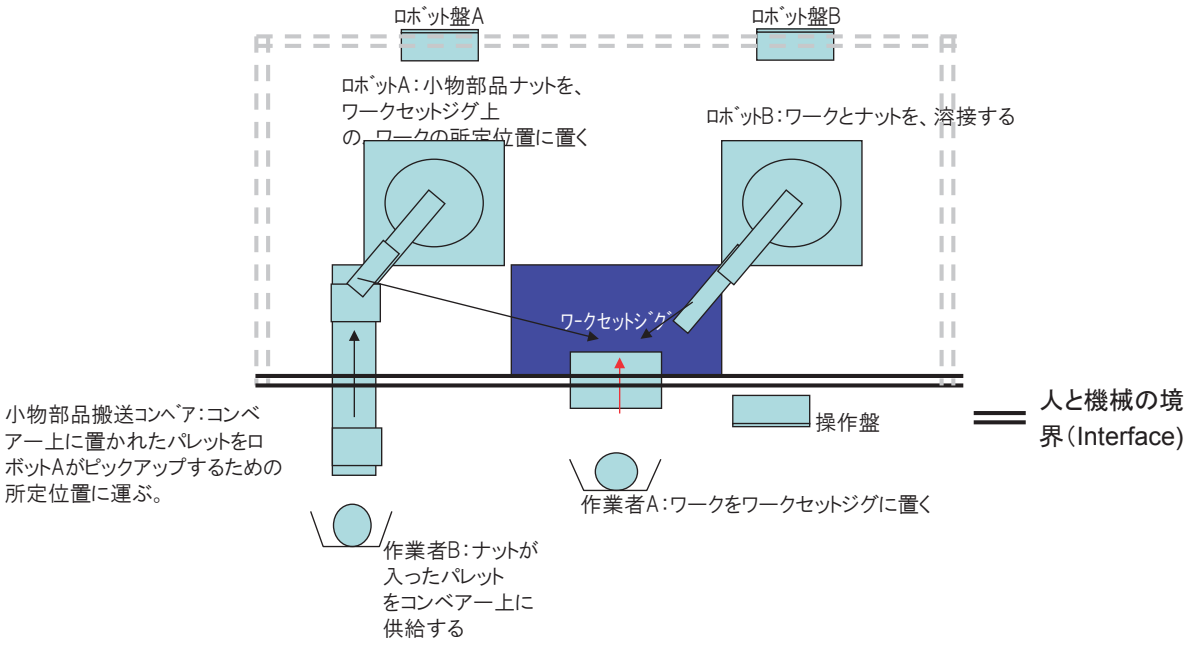
2仕様策定

工程分析（Utility）			
IMS内に存在する機械	Utility	設置現場準備	Interface
ロボットB (+ロボット盤)	電気	AC 3相 440V	ロボット盤のMains Disconnect直結
	水	0.5m3/分	ロボットハンドコネクター
	圧縮空気	0.5MPa	ロボット本体コネクター
ワークセットジグ	電気 水 圧縮空気	・・・・・・	・・・・・・
小物搬送コンベア	IMS制御盤経由 (電気)	・・・・・・	・・・・・・
ロボットA (+ロボット盤)	電気 水 圧縮空気	・・・・・・	・・・・・・

19

2仕様策定

例：構成要素とレイアウト分析



20

2仕様策定

工程分析（Interface）

IMS内に存在する機械	ロボットB	ロボット盤B	ワークセットジグ	小物搬送コンベア	ロボットA	ロボット盤 A
ロボットB		Yes	No	No	No	No
ロボット盤B	Yes		No	No	No	No
ワークセットジグ	No	No		No	No	No
小物搬送コンベア	No	No	No		No	No
ロボットA	No	No	No	No		Yes
ロボット盤 A	No	No	No	No	No	

21

2仕様策定

ISO11161 Clause 4.1, 4.2, 5, 7.3, 7.4, Annex B

IMS Functionality/Performanceの決定

1.製造物情報（自動車車体部品）（U>I>S)

2. IMSのPerformance要求レベル（コスト、占有面積、タクトタイム等）（U>I>S）

3.必要な構成要素の決定（ロボット、ワークセットジグ等）（U>I>S）

IMSのリスク低減戦略と評価

4.上記3の要求水準達成のために、ロボットx2、コンベアの追加（Processの決定）（S>I)

5.ロボット、ワークセットジグ、コンベアの詳細仕様分析（サイズ、ユーティリティ、条件、適合規格など）（S>I）

6.IMS設置レイアウト決定（設計？）（U>I>S)

-設置場所の制約確認

基礎条件、設置面積、障害物の有無など（U>I>S)

設置環境固有の条件との適応性（汚損度合、可燃性雰囲気 、放射線の有無等、ロボットツールの決定）（S>I）

- Process Flow決定（作業Flow、材料Flow）（U>I）
- IMSレイアウト決定（I>U）
- タスクの決定（人のアクセス性含む）4.3
-作業者の人数、必要スキルの決定
- ゾーン（機械のゾーン5.2.3,5.2.4,7.1,7.3,8.2、タスクのゾーン決定5.1.3,8.1,8.1.2）

22

2仕様策定

例：タスクリスト（正式版はExcel file）

機械のタスク / 人のタスク（定常作業）	ﾛﾎﾞｯﾄA 部品ｺﾝﾍﾞｱから投入された部品をﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞまで搬送・ｾｯﾄする。	ﾛﾎﾞｯﾄB ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上に配置されたそれぞれの部品を溶接する。	ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ ﾛﾎﾞｯﾄAおよび作業者によってｾｯﾄされた部品をｸﾗﾝﾌﾟする。	部品ｺﾝﾍﾞｱ 柵外でｾｯﾄされた部品ﾄﾚｲを柵内へ搬送し、空箱を排出する。
作業者A IMSのｵﾍﾟﾚｰﾀ。 定常作業として、ｼﾞｸﾞへのﾜｰｸｾｯﾄ、完成品の取り出しを柵外から行う。	物理的な障壁なし。 ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上にて作業中であれば、当該作業が完了するまでﾛﾎﾞｯﾄAは待機位置にて停止。	物理的な障壁なし。 ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上にて作業中であれば、当該作業が完了するまでﾛﾎﾞｯﾄBは待機位置にて停止。	物理的な障壁なし。 ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上にて作業中であれば、当該作業が完了するまでｸﾗﾝﾌﾟ動作停止。	関連なし。
作業者B IMSへの部品供給担当。 定常作業として柵外から部品投入のみを行う。	一部、物理的な障壁なし。 部品供給口からﾛﾎﾞｯﾄ可動範囲内に上肢のみ侵入可能であり、ﾗｲﾄｶｰﾃﾝにて侵入検知される。	関連なし。	関連なし。	物理的な障壁なし。 IMSの状態に関わらず、柵外から定期的に部品供給を行う。
作業者C IMSのﾒﾝﾃﾅﾝｽ担当。 定常作業はなし。	関連なし。	関連なし。	関連なし。	関連なし。

23

2仕様策定

タスク分析

作業者（ｽｷﾙﾚﾍﾞﾙ※1）	内容	ﾗｲﾌｻｲｸﾙ※2	運転ﾓｰﾄﾞ	アクセスフロー 場所 位置	関連ｴﾘｱ	手順	頻度（sec）	種別
作業者A（ｽｷﾙﾚﾍﾞﾙ：2）	ﾜｰｸ着脱	生産	自動	ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ前	C（A）（B）	①素材台車より部品を取り、ﾜｰｸｾｯﾄｼﾞｸﾞ上にｾｯﾄする。 ②ｸﾗﾝﾊﾟ起動ﾎﾞﾀﾝでﾜｰｸｸﾗﾝﾌﾟする。 ③ﾜｰｸｸﾗﾝﾌﾟ完了後、ｻｲｸﾙ起動ﾎﾞﾀﾝを押す。 ④溶接およびｱﾝｸﾗﾝﾌﾟ完了後、完成品を取り、完成品台車へ置く。	60	定常
作業者B（ｽｷﾙﾚﾍﾞﾙ：1）	部品供給	生産	自動	ｺﾝﾍﾞﾔ前	D（A）	①柵内より返却された通い箱を取り出す。 ②部品台車より通い箱を取り、ｺﾝﾍﾞﾔ上にｾｯﾄする。 ③投入予約ﾎﾞﾀﾝを押す。	3600	間欠定常
作業者C（ｽｷﾙﾚﾍﾞﾙ：4）	ﾛﾎﾞｯﾄA教示	調整	ﾒﾝﾃ	主操作盤	－	①ｻｲｸﾙ停止ﾎﾞﾀﾝを押す。	－	非定常
				ﾛﾎﾞｯﾄ操作盤	－	②動作ﾓｰﾄﾞを「ﾃｨｰﾁﾝｸﾞ」に切り替え、ｷｰｽｲｯﾁを抜く。		
				可動ｶﾞｰﾄﾞ	A	③ﾛﾎﾞｯﾄA前の可動ｶﾞｰﾄﾞを開き、柵内へ侵入		
				ｶﾞｰﾄﾞ内部	A（B）（C）（D）	④ﾛﾎﾞｯﾄAの教示作業の実施。		

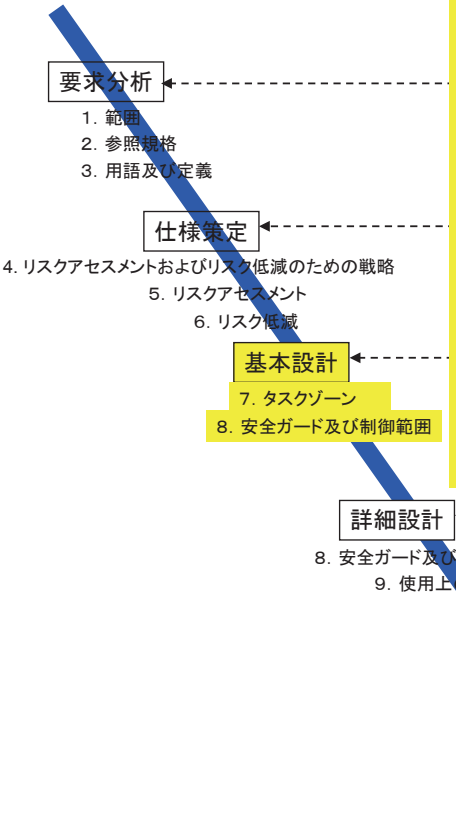
【※1　作業ｽｷﾙﾚﾍﾞﾙ例】
0=当該装置に一切関連しない作業者あるいは通行人
1=当該装置に対し間欠的な関連を持ち、特定操作のみ許可された作業者
2=当該装置に対し常に関連を持ち、定常作業のみ許可された作業者
3=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ﾛﾎﾞｯﾄ教示作業以外の非定常作業を許可された作業者
4=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ﾛﾎﾞｯﾄ教示作業を含む全ての非定常作業を許可された作業者

24

タスク分析						危険分析						
作業者（スキルレベル※1）	内容	ライフサイクル※2	運転モード	アクセスフロー 場所 位置	関連エリア	関連する危険源※3 ロボットA	ロボットB	ワークセットジグ（C）	コンベヤ（D）	その他	危険分類※4	危険事象・状態
作業者A（スキルレベル：2）	ワーク着脱	生産	自動	ワークセットジグ前	C（A）（B）	△	△	○	－	－	1	・クランパとワーク間挟まれ
											1	・ロボットA、Bとの衝突
											1	・ワークバリによるこすれ
						△	△	○	－	－	1	・クランパとワーク間挟まれ
											1	・ロボットA、Bとの衝突
						△	△	○	－	－	3	・スパッタによるやけど
						△	△	○	－	－	8	・不健康な姿勢での腰痛
作業者B（スキルレベル：1）	部品供給	生産	自動	コンベヤ前	D（A）	△	－	－	○	－	1	・コンベヤローラでの引き込まれ
						△	－	－	○	－		
						△	－	－	○	－		
作業者C（スキルレベル：4）	ロボットA教示	調整	メンテ	主操作盤	－	－	－	－	－	－	－	・－
				ロボット操作盤	－	－	－	－	－	－	－	・－
				可動ガード	A	○	－	－	－	－	1	・柵内での閉じ込め
												・ロボットAとの衝突
				ガード内部	A（B）（C）（D）	○	△	△	△	－	1	・ロボットAとの衝突 ・ロボットBとの衝突 ・ワークセットジグでの挟まれ ・コンベアローラでの引き込まれ

25

統合生産システム構築フロー



5 IMS内部Layout基本事項決定

抽出された危険事象の回避や危険度合い低減のために、空間要求再定義、レイアウトやアクセス方法、アクセス手段、介入方法などの見直しを行う（反復プロセス）。

6 IMS内部分析

見直した項目について、IMS全体との整合が取れるかどうかの分析を再度行う。仮レイアウトから、基本レイアウトを決定し、タスク、ゾーン、制御範囲、制御モード、アクセス経路避難経路、アクセス手段など、IMSの内部の基本設計を実施。

7 IMS安全戦略-2

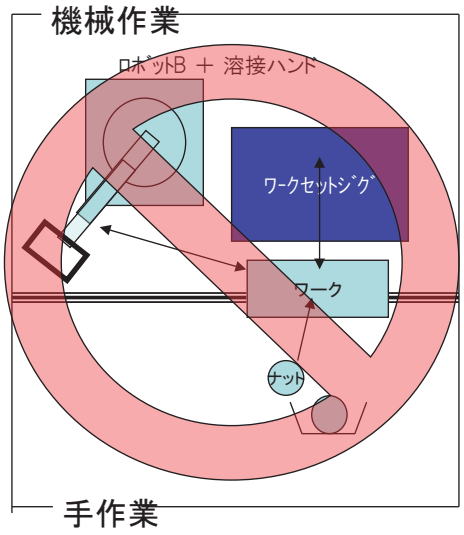
抽出した危険源分析結果から、IMSとしてのrisk analysis, risk assessment + risk reductionを行う。

26

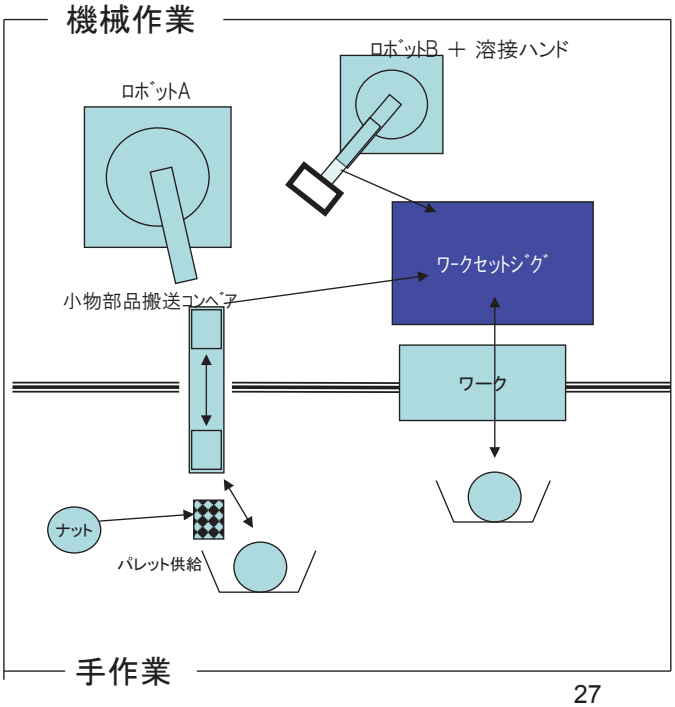
3基本設計

基本設計

Pattern 1 最速タクトタイム（2分）



Pattern 2 最速タクトタイム（50秒）

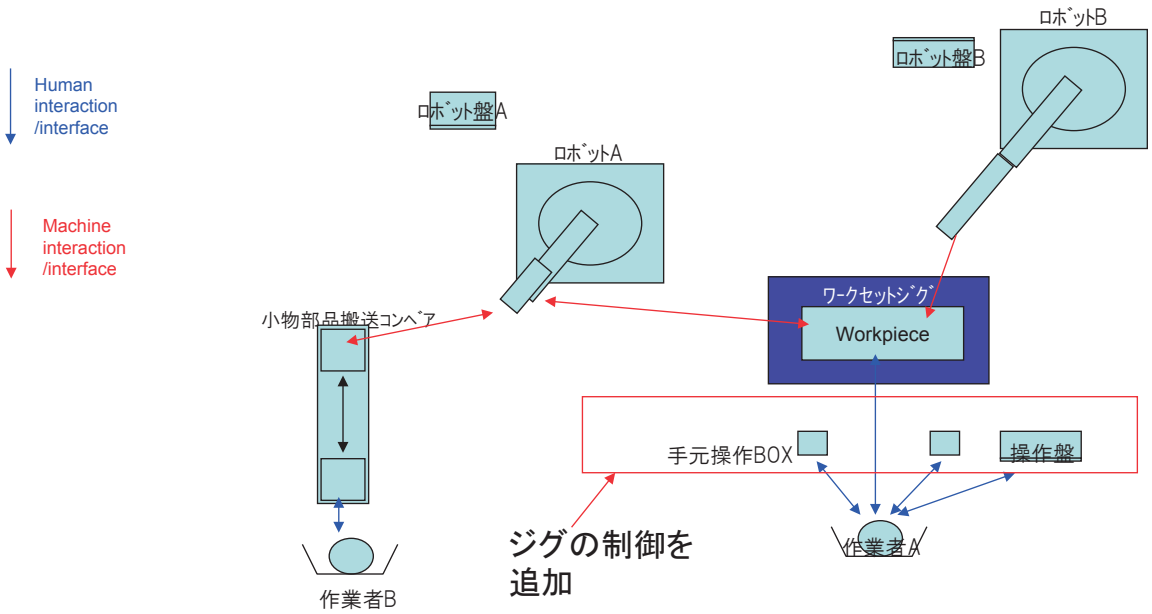


Interface

Interface

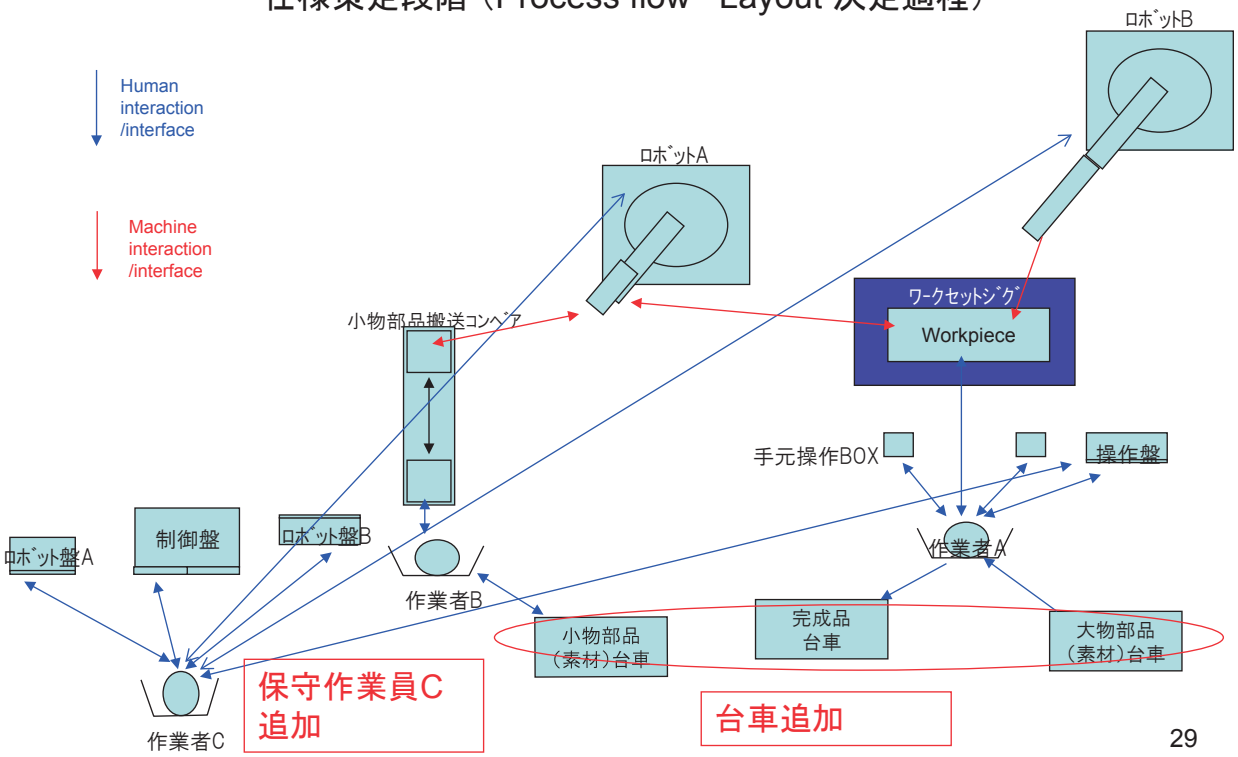
3基本設計

仕様策定段階（Process flow　Layout 決定過程）



3基本設計

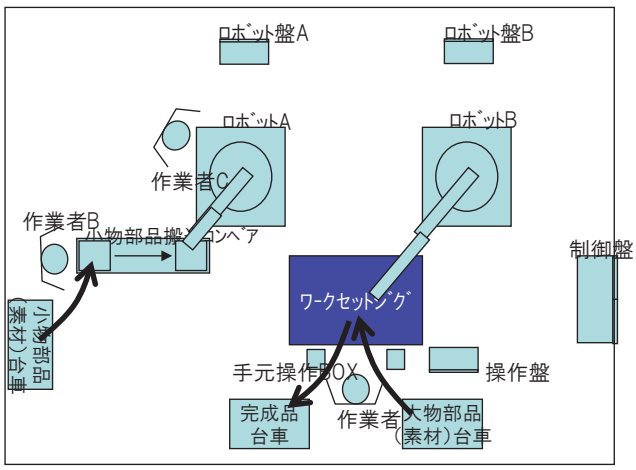
仕様策定段階（Process flow　Layout 決定過程）



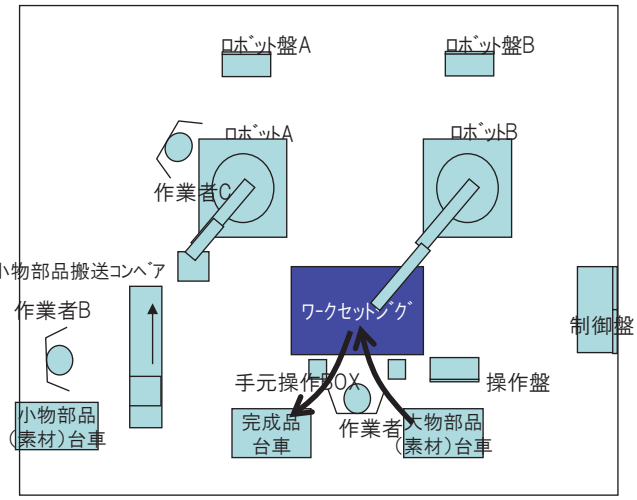
3基本設計

必要な機能を果たす構成要素決定後、それらのレイアウト候補として2つを決定した

例：各構成要素の配置の検討



Pattern 2-1（小物部品コンベアをIMS左側に配置）

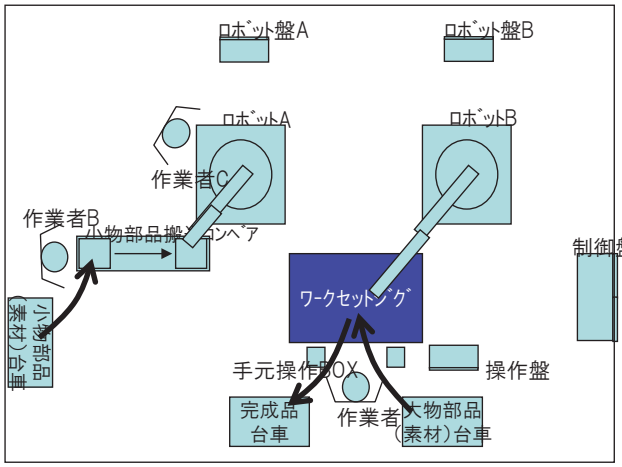


Pattern 2-2（小物部品コンベアをIMS正面に配置）

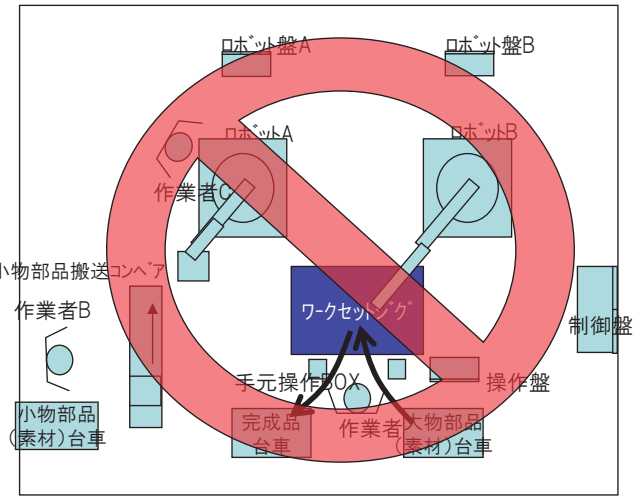
3基本設計

Pattern 2-1に決定

例:各構成要素の配置の検討



Pattern 2-1(小物部品コンベアをIMS左側に配置)

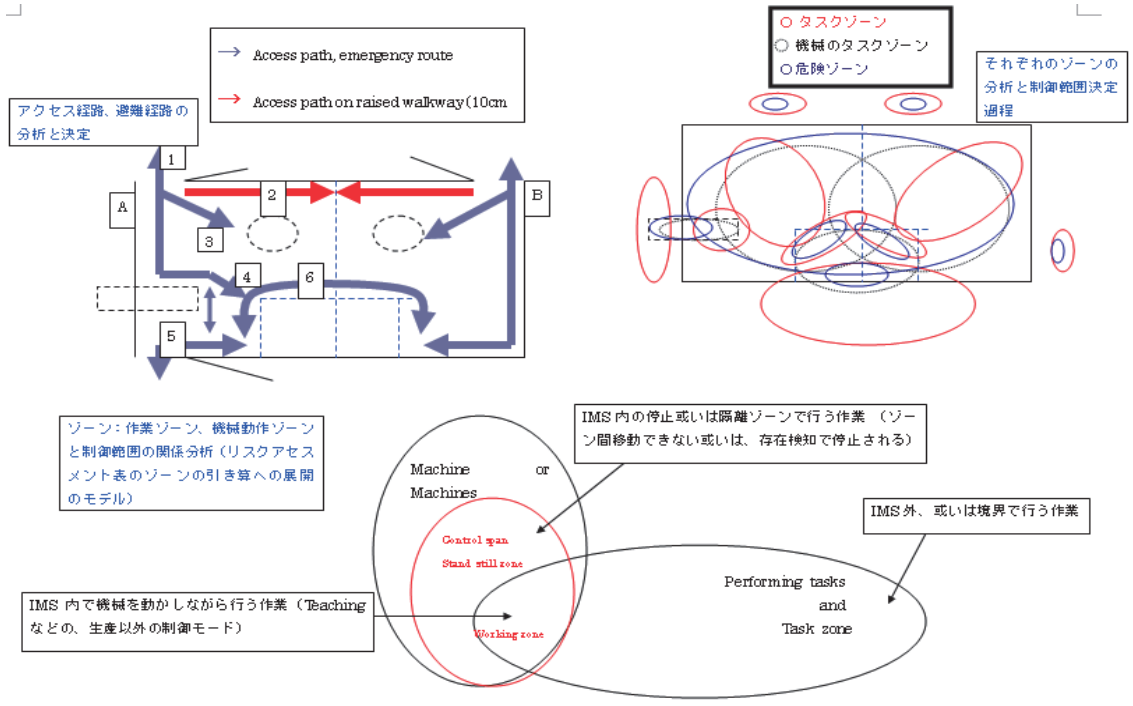


Pattern 2-2(小物部品コンベアをIMS正面に配置)

31

3基本設計

例:ゾーンニングと接近性の検討イメージ



32

基本設計6-1(1要求分析-3からの発展）

統合生産システム　TR用モデル

【装置概要】
本モデルはスタンドアロン型（ワーク投入・取出作業を作業者自身が行う半自動型）の自動車部品の溶接工程をイメージしたものである。

【装置運用】
■定常作業（通常自動モード）
−作業者Aはワークセットジグに対し、素材である大物部品のワークセットを行い、手元操作BOXにて装置を起動させる。
溶接完了後に完成品を作業者自身で引き取り、再びワークセットを行う繰り返し作業である。（タクト：60sec）
−作業者Bは定期的に小物部品搬送コンベア上に小物部品の供給を行う。
なお、この作業は溶接工程起動状態にて実施する。（タクト：60min）

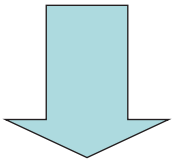
■非定常作業（メンテナンスモード）
作業者Cは各ロボットに対し、必要に応じてティーチング作業等の調整作業を行う。
■危険源
−ロボットAは檜内のマテハン用ロボットであり、小物部品搬送コンベアにて供給された小部品をワークセットジグ上の大物部品へ組み付ける。ハンド先端には小物部品をチャックする機能を持ち、それはAir駆動である。
−ロボットBは溶接専用ロボットであり、大物部品と小物部品を溶接する。ハンド先端には溶接ガンのみ装備する。
−ワークセットジグ上のクランパはAir駆動である。

【その他前提条件】
−制御盤x3（ロボット盤A、B、及びIntegratorが用意する制御盤でガード内全体の制御を行う。）
−ゾーンA、B、C間に物理的隔壁なし
−円を描く破線はロボットA、Bの最大可動範囲を示す。
−完成品ワークサイズは最大辺1.2m未満で、その重量は10kg未満と仮定。
−小物部品サイズは最大辺0.3m未満で、その重量は5kg未満と仮定。

33

基本設計6-2（1要求分析-2からの発展）

ISO11161 Clause 4.1, 4.2,　5,　7.3, 7.4, Annex B
IMS Functionality/Performanceの決定
1.製造物情報（自動車車体部品）（U>I>S)
2. IMSのPerformance要求レベル（コスト、占有面積、タクトタイム等）（U>I>S）
3.必要な構成要素の決定（ロボット、ワークセットジグ等）（U>I>S）



IMSのリスク低減戦略と評価
4.上記3の要求水準達成のために、ロボットx2、コンベアの追加（Processの決定）（S>I)
5.ロボット、ワークセットジグ、コンベアの詳細仕様分析（サイズ、ユーティリティ、条件、適合規格など）（S>I）
6.IMS設置レイアウト決定（設計？）（U>I>S)
-設置場所の制約確認
基礎条件、設置面積、障害物の有無など（U>I>S)
設置環境固有の条件との適応性（汚損度合、可燃性雰囲気 、放射線の有無等、ロボットツールの決定）（S>I）

- Process Flow決定（作業Flow、材料Flow）（U>I）
- IMSレイアウト決定（I>U）
- タスクの決定（人のアクセス性含む）4.3
-作業者の人数、必要スキルの決定
- ゾーン（機械のゾーン5.2.3,5.2.4,7.1,7.3,8.2、タスクのゾーン決定5.1.3,8.1,8.1.2）

34

3基本設計-7（仕様策定15からの発展）

「基本設計」時のポイント

例：IMSを対象としたリスクアセスメントシート例

No.	Task	Task Zone	危険源	危険事象、状態	リスクレベル	保護方策	制御範囲		追加方策	Zone 間移動	保護方策後のリスクレベル
							停止ゾーン	動作ゾーン	要らんか？		
6.	Robot Teaching (use phase, setting, done by operatn r C< 1/day	Zone A B and C 周辺	ロボット A B	Crushing by robot A and B. Pinching by Work set jig. ジグを動かす必要は無い？	PL d	Lockout/tagout, Robot A and B. Teaching pendant with enable device. ISO12100 及び IEC60204-1 Mode 選択	Zone A B	Zone C	作業者限定、マニュアル記載、作業トレーニング	NA	PL c
7.	Work process correction when stopped (E.g. ナット落下等)	Zone C D 周辺	ロボット A B Work set jig	Crushing by robot A and B. Pinching by Work set jig.	PLd	Tripping by interlocked door+ Lockout door accessory (key trap/exchange system)	Zone A B C	Zone D	作業者限定、マニュアル記載、作業トレーニング	可能	PL c

4.4　4.5　4.6

タスク分析								
作業者（スキルレベル※1）	内容	ライフサイクル※2	運転モード	アクセスフロー 場所 位置	場所 関連エリア	手順	頻度（sec）	種別
作業者A（スキルレベル：2）	ワーク着脱	生産	自動	ワークセットジグ前	C（A）（B）	①素材台車より部品を取り、ワークセットジグ上にセットする。 ②クランパ起動ボタンでワーククランプする。 ③ワーククランプ完了後、サイクル起動ボタンを押す。 ④溶接およびアンクランプ完了後、完成品を取り、完成品台車へ置く。	60	定常
作業者B（スキルレベル：1）	部品供給	生産	自動	コンベヤ前	D（A）	①柵内より返却された通い箱を取り出す。 ②部品台車より通い箱を取り、コンベヤ上にセットする。 ③投入予約ボタンを押す。	3600	間欠定常
作業者C（スキルレベル：4）	ロボットA教示	調整	メンテ	主操作盤	－	①サイクル停止ボタンを押す。	－	非定常
				ロボット操作盤	－	②動作モードを「ティーチング」に切り替え、キースイッチを抜く。		
				可動ガード	A	③ロボットA前の可動ガードを開き、柵内へ侵入		
				ガード内部	A（B）（C）（D）	④ロボットAの教示作業の実施。		

【※1　作業スキルレベル例】
0=当該装置に一切関連しない作業者あるいは通行人
1=当該装置に対し間欠的な関連を持ち、特定操作のみ許可された作業者
2=当該装置に対し常に関連を持ち、定常作業のみ許可された作業者
3=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ロボット教示作業以外の非定常作業を許可された作業者
4=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ロボット教示作業を含む全ての非定常作業を許可された作業者

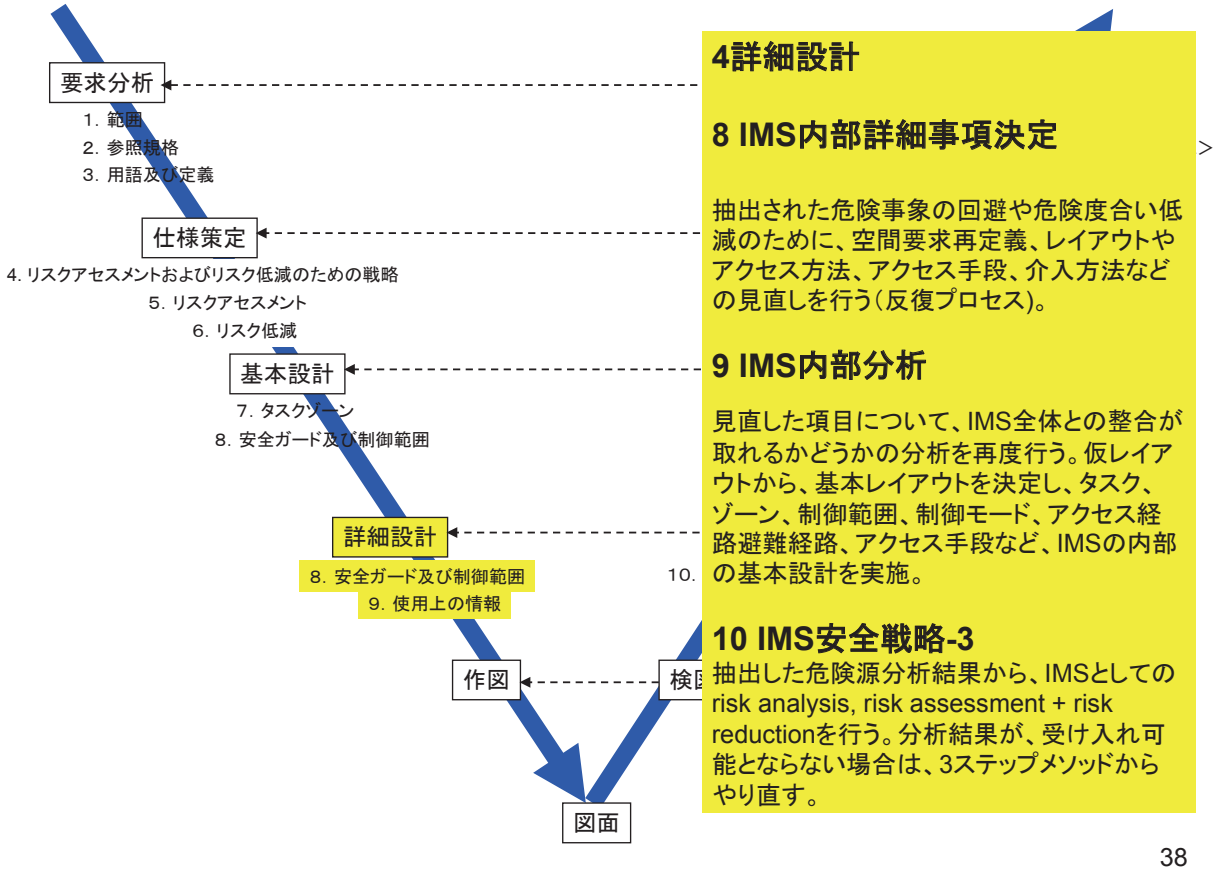
36

ターゲット

- リスクアセスメントで決定された　PLr（またはSIL）を満足するための基本設計の実施
- システマティック故障を回避するための設計プロセス管理ルールの決定など
- CCFについても明確にしておく

37

統合生産システム構築フロー

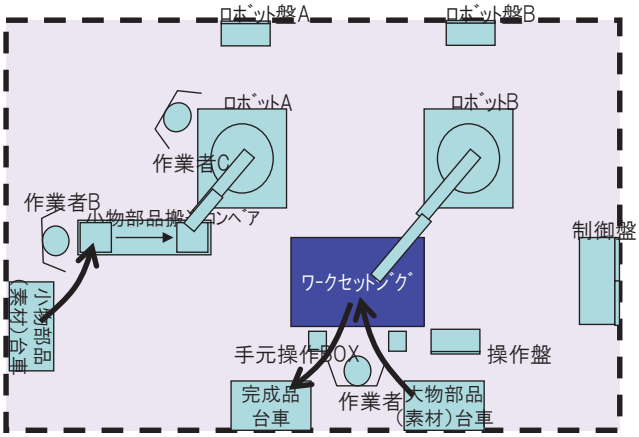


38

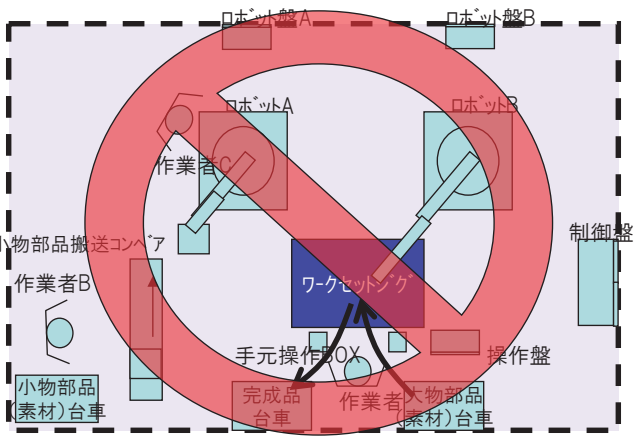
4詳細設計-1（基本設計決定済み事項）

「基本設計」時のポイント

例：占有面積と各構成要素の配置の検討



Pattern 2-1（小物部品コンベアをIMS左側に配置）



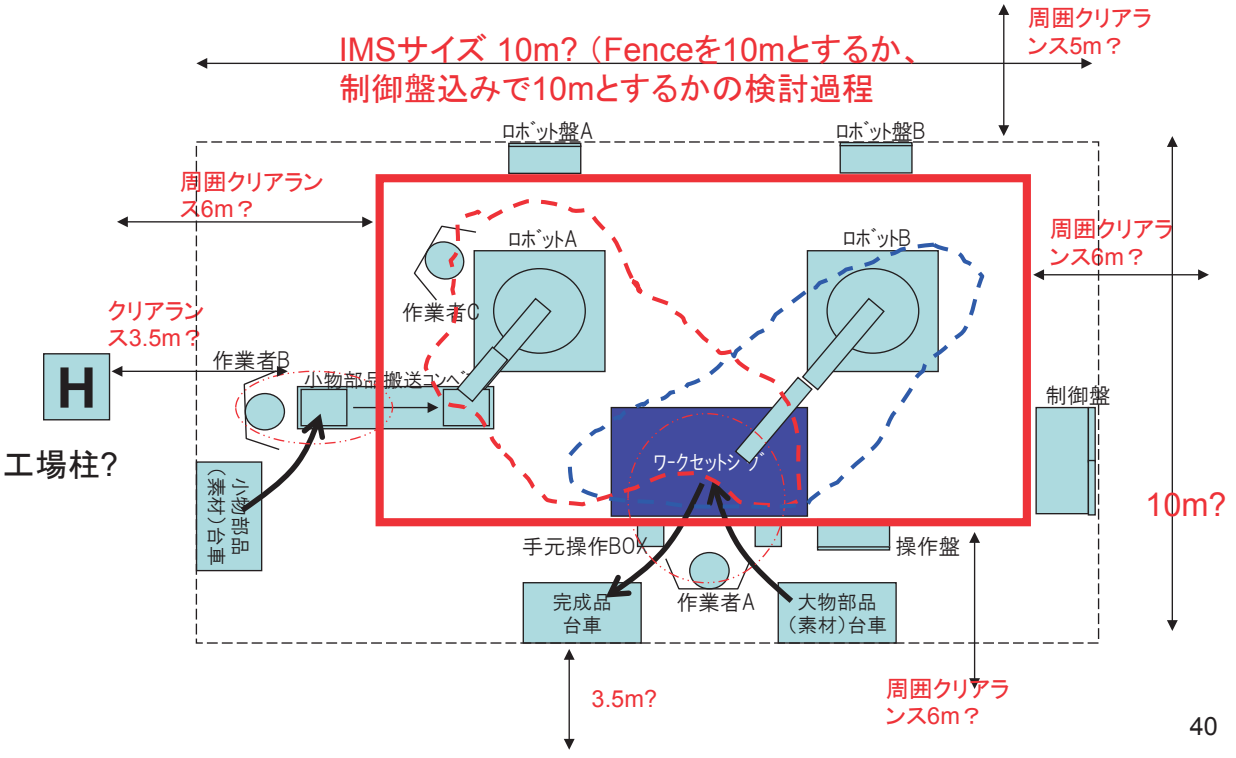
Pattern 2-2（小物部品コンベアをIMS正面に配置）

39

4詳細設計-4 （5.1.4空間要求 5.1.5アクセス分析）

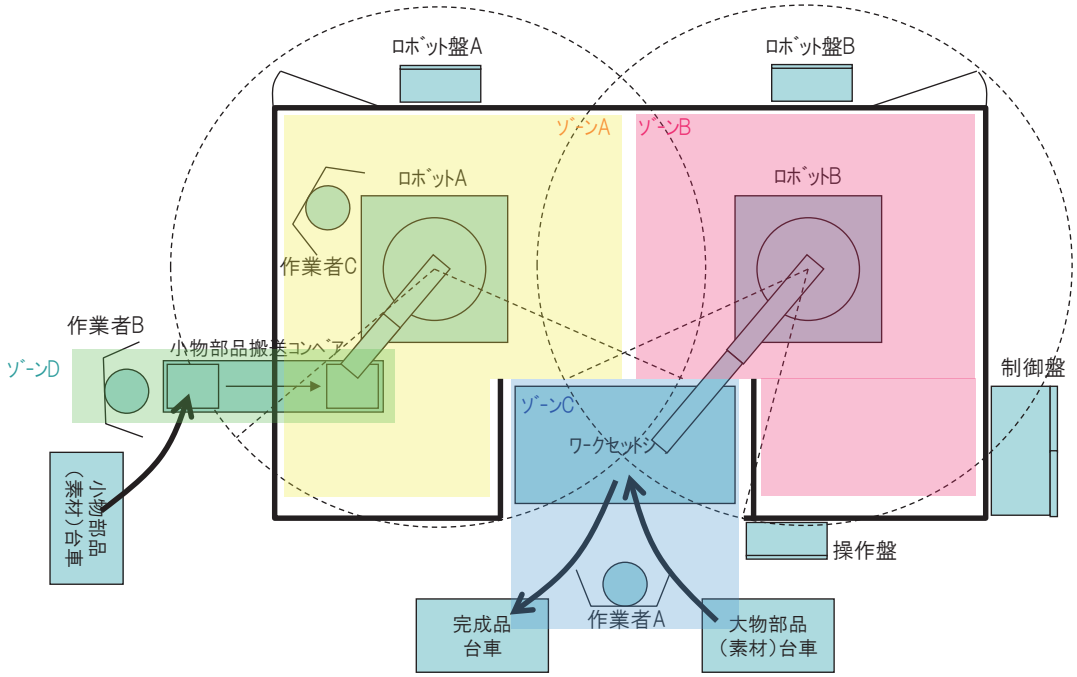
「詳細設計」時のポイント

例：基本設計段階の反復プロセス（暫定レイアウト案2のIMS占有面積と周囲クリアランスの決定過程



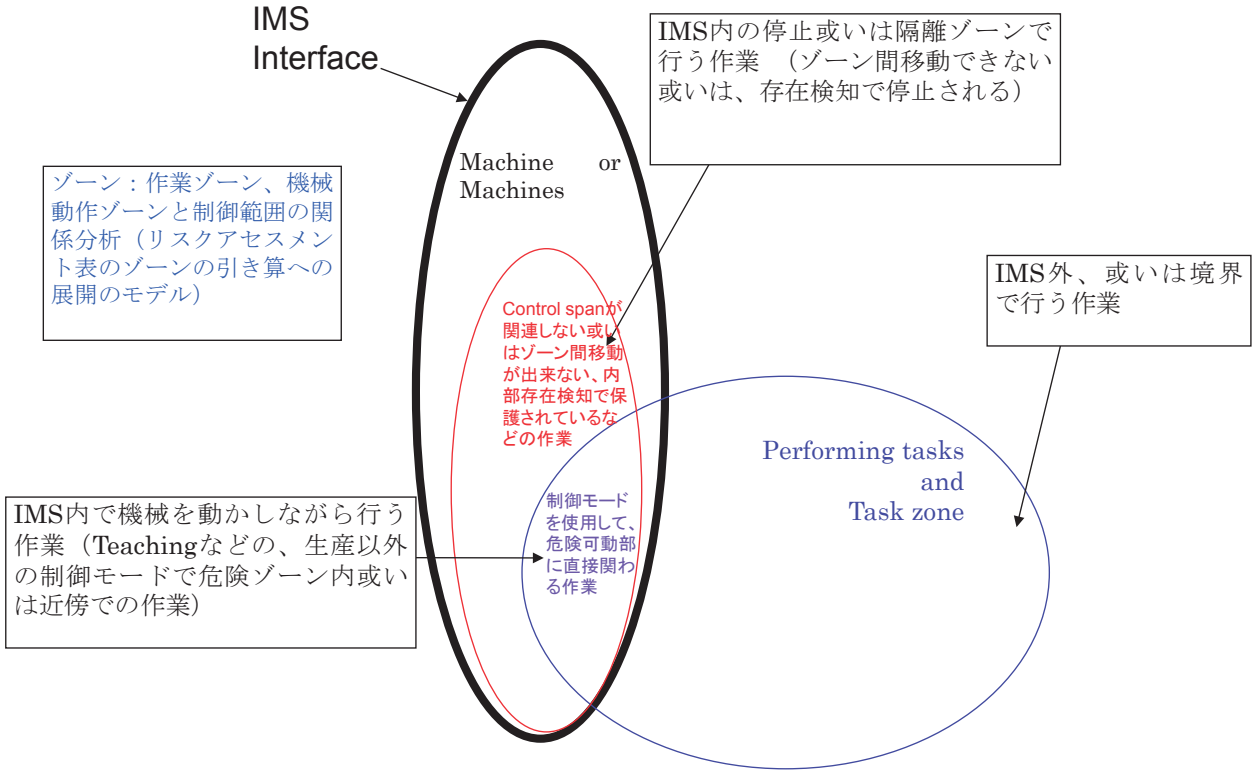
40

統合生産システム　TR用ﾓﾃﾞﾙ(From) 必要構成要素の決定とレイアウト決定



41

4詳細設計-3（7章全体）



42

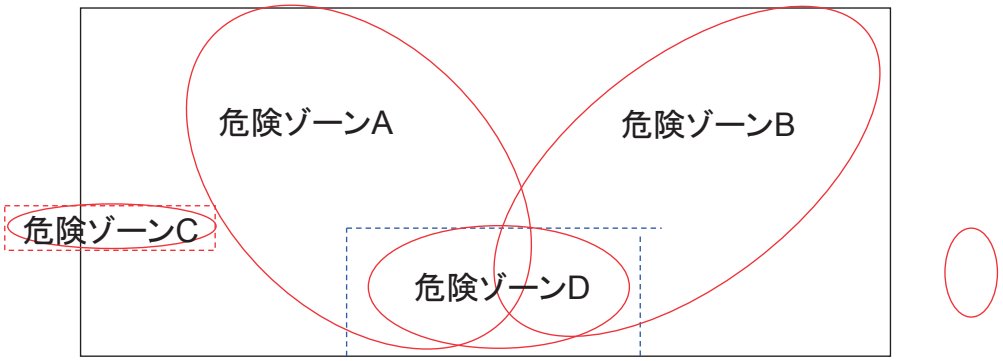
4詳細設計-2（7章全体）

Pattern 2-1のゾーン分析

O危険ゾーン

O タスクゾーン

それぞれのゾーンの分析と制御範囲決定過程



43

4詳細設計-2（7章全体）

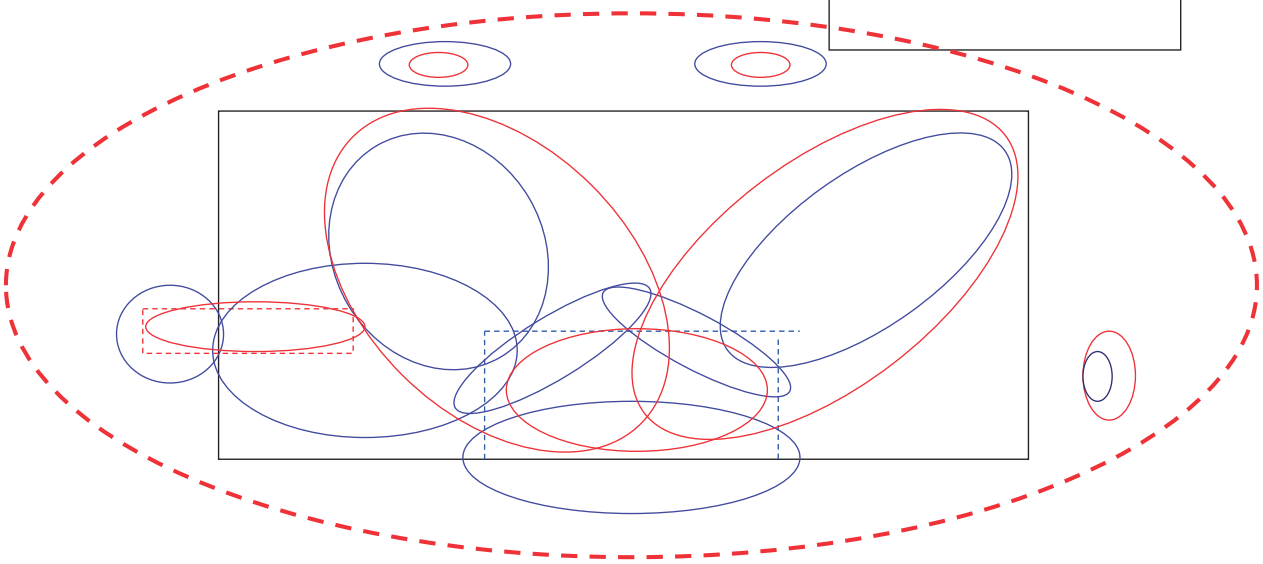
Pattern 2-1のゾーン分析

O危険ゾーン（直接影響）

O危険ゾーン（間接影響）

O タスクゾーン

それぞれのゾーンの分析と制御範囲決定過程



44

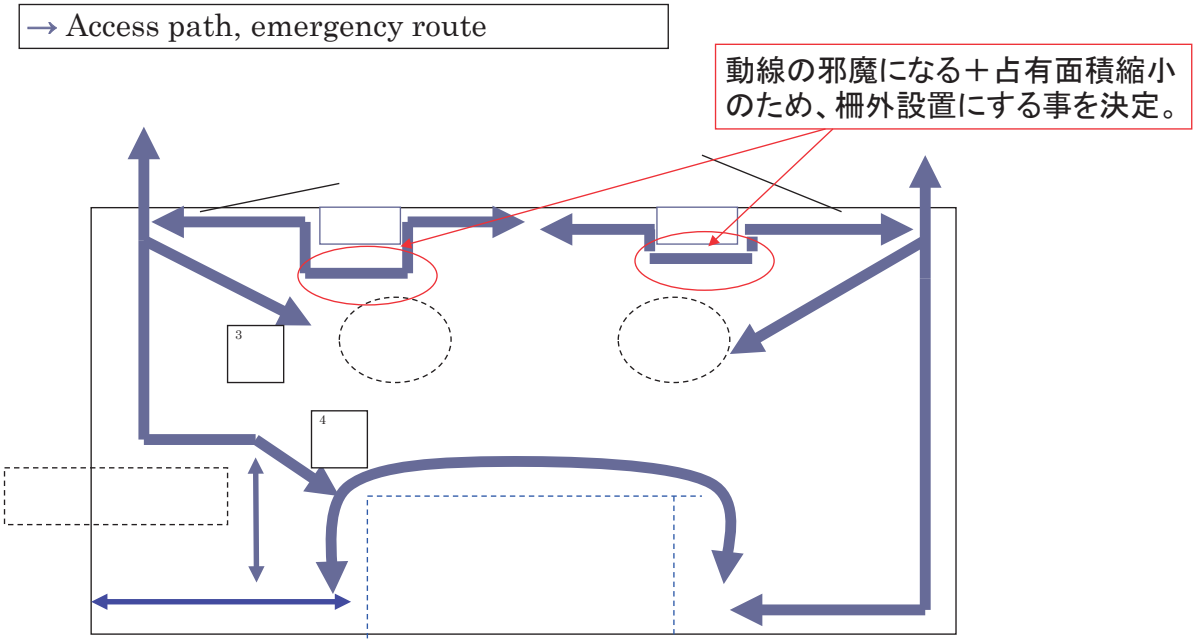
各章 Introduction → 入れ替え？

1. 7.4章：機能分析
   - 反復プロセスの一環として、IMSが機能的な要求に合致しているかどうかの分析を（Integratorが）実施することを要求している。合致していない場合は以下を実施する。
     a) IMS仕様の修正、制限
     b) 個々の機械や装置の修正や変更、介入方法の修正による低減
     c) 新たなアクセス経路/手段の採用
     d) 介入方法の変更
2. 8 章：セーフガードと制御範囲　8.1章タスクゾーンのセーフガード
   - タスクゾーンのリスクの低減が、本質安全設計だけでは不十分な場合、安全防護を実施することを要求している。安全な介入が出来るように、安全防護を設計する。
3. 8.1.2章：タスクゾーンインターフェース
   - ゾーン間インターフェースで危険が生じる場合、適切な安全防護を実施することを要求している。ゾーン間のインターフェースは以下との関連が深い：
     a) 関連ゾーンから隣接ゾーンへの材料フロー（の流れ）
     b) 関連ゾーンから隣接ゾーンへのアクセス経路
4. 8.1.3章：アクセス経路インターフェースの安全防護
   - アクセス経路にて危険が生じる場合（リスクアセスメントにて同定される）は適切な防護を行うことを要求している。
5. 8.1.4章：材料フロー間インターフェースの安全防護
   a) あるタスクゾーンから他のゾーンへオペレーターが到達することを防止する
   b) （オペレーターが）危険ゾーンに到達する前に隣接ゾーンの危険な状態を安全な状態へと移行させる。

45

4詳細設計-5（7章全体）

アクセス、From: 非難経路の決定過程（ロボット制御盤がIMS内部にある場合）



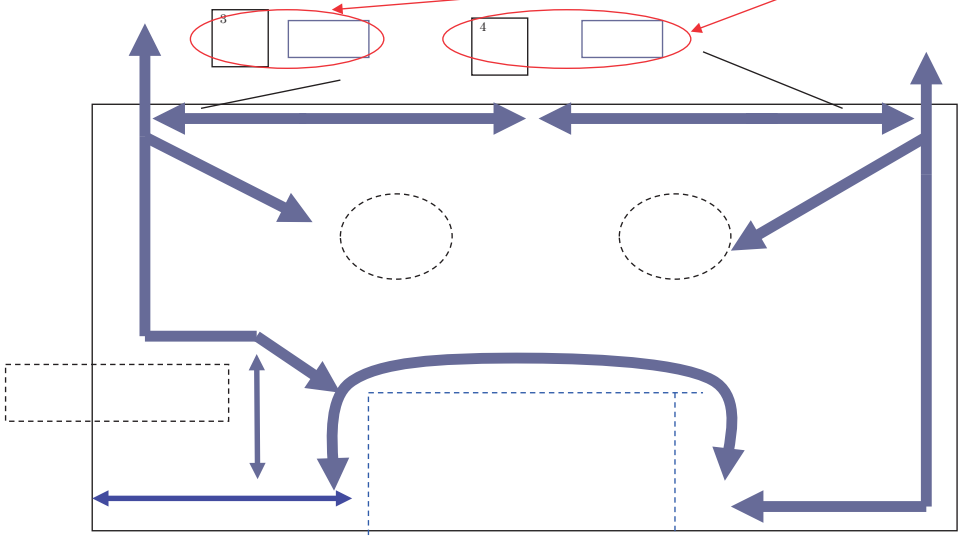
46

4詳細設計-5（7章全体）

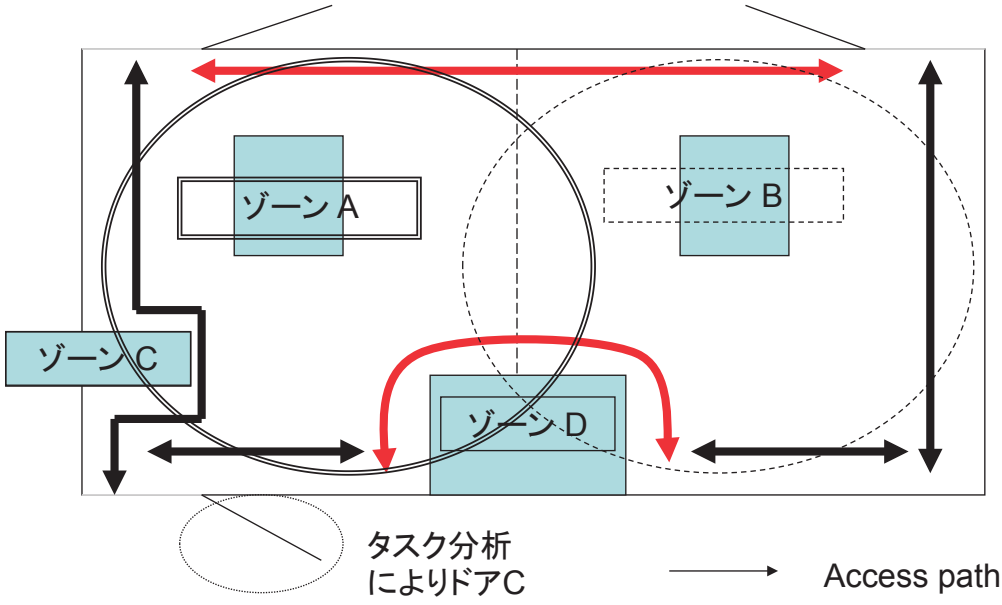
アクセス、To: 非難経路の決定過程（ロボット制御盤をIMS外部にした場合）

→ Access path, emergency route

動線の邪魔になる＋占有面積縮小のため、柵外設置にする事を決定。



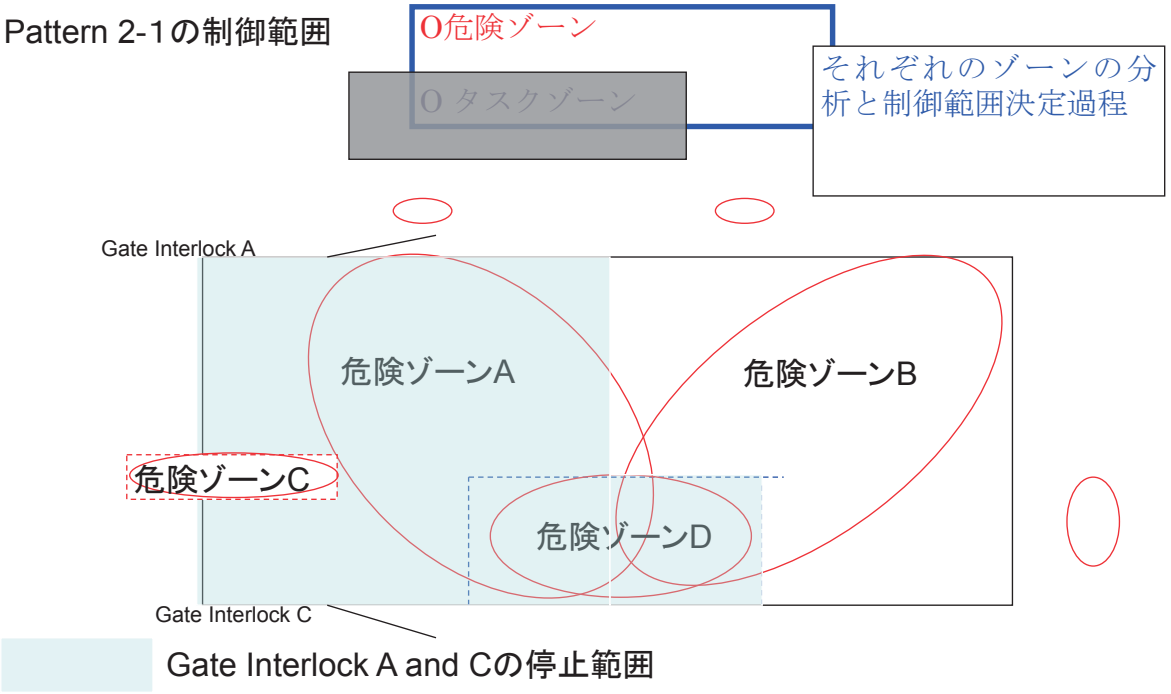
47



48

4詳細設計-2（7章全体）

Pattern 2-1の制御範囲

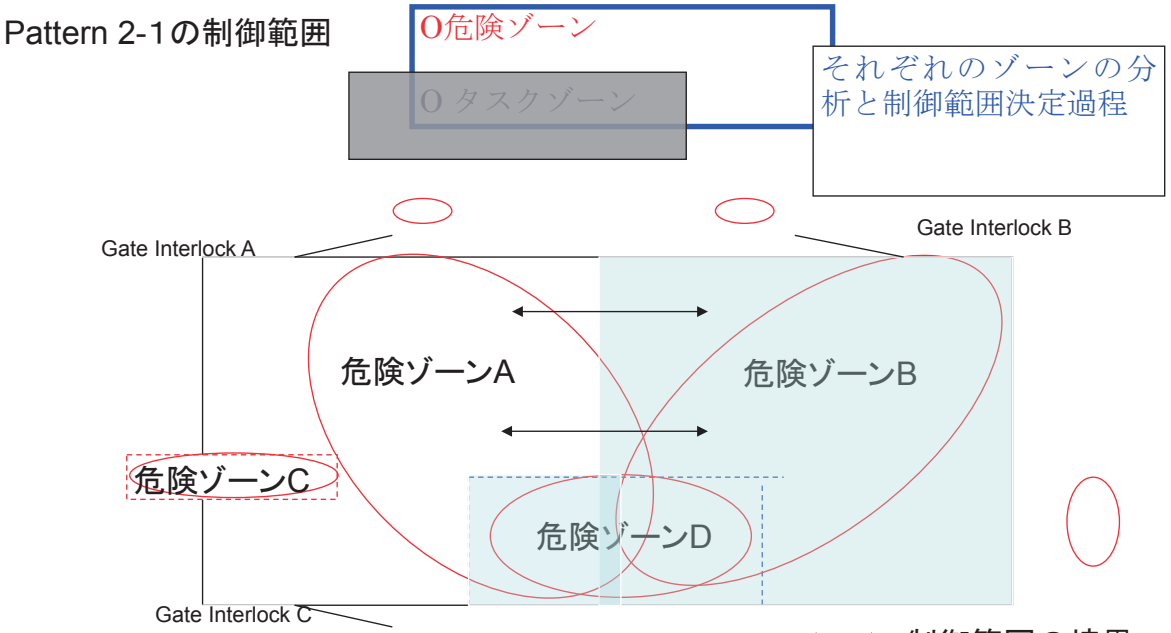


Gate Interlock A and Cの停止範囲

49

4詳細設計-2（7章全体）

Pattern 2-1の制御範囲

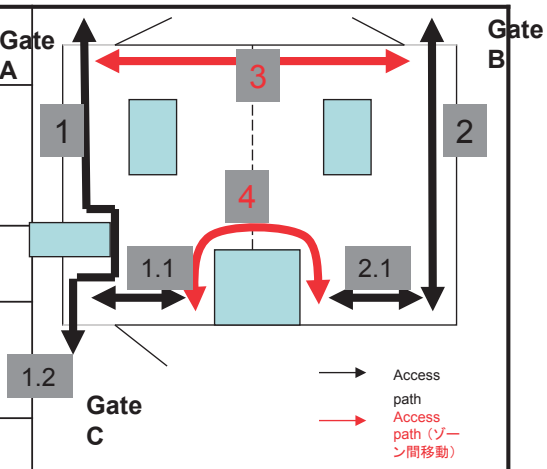


Gate Interlock Bの停止範囲

制御範囲の境界
（他方を安全状態にすることなくゾーン間移動が可能であるため危険になる）

50

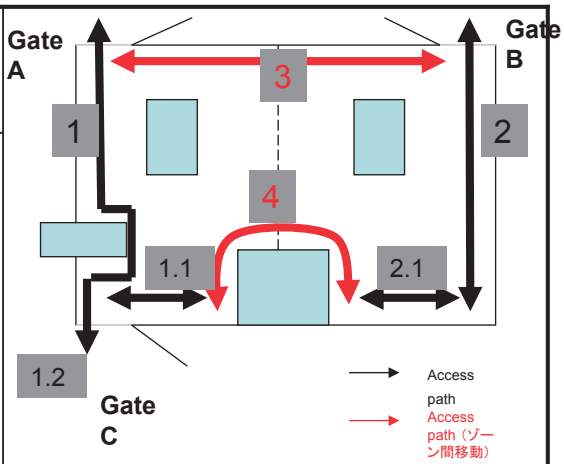
アクセス経路	進入Gate	関連ゾーン	ゾーン間移動有無	制御範囲とゾーンの一致	
1 1→ 1.1 1→1.2 1.2→1.1	A 0r C	A	None	Yes	
2 2→2.1	B	A B and D	Yes	Yes	
1→3 1→1.1 →4 1.2 →1.1 →4	A Or C	All (A B C D)	Yes	Yes	
2→3 2→2.1→4	B	A and B and C and D	Yes	Yes	



Gate インターロックで全てのゾーンが停止される場合。

51

アクセス経路	進入 Gate	関連ゾーン	ゾーン間移動有無	制御範囲とゾーンの一致	存在可能ゾーン マイナス 動作ゾーン	設計変更の必要性
1 1→ 1.1 1→1.2 1.2→1.1 1.2→1	A Or C	A	None (but possible)	Yes (but possible to walk through the zones)	A+B マイナス A（or B）	Yes because of access among the zones is possible
2 2→2.1	B	B and D	Yes	No	A+B マイナス A（or B）	
1→3 1→1.1 →4 1.2 →1.1 →4	A or C	All (A B C D)	Yes	No	A+B マイナス A（or B）	
2→3 2→2.1 →4	B	All (A B C D)	Yes	No	A+B マイナス A（or B）	



Gate インターロックが制御範囲を有する場合:
- Gate A Gate Cが停止するのはロボットA とジグ

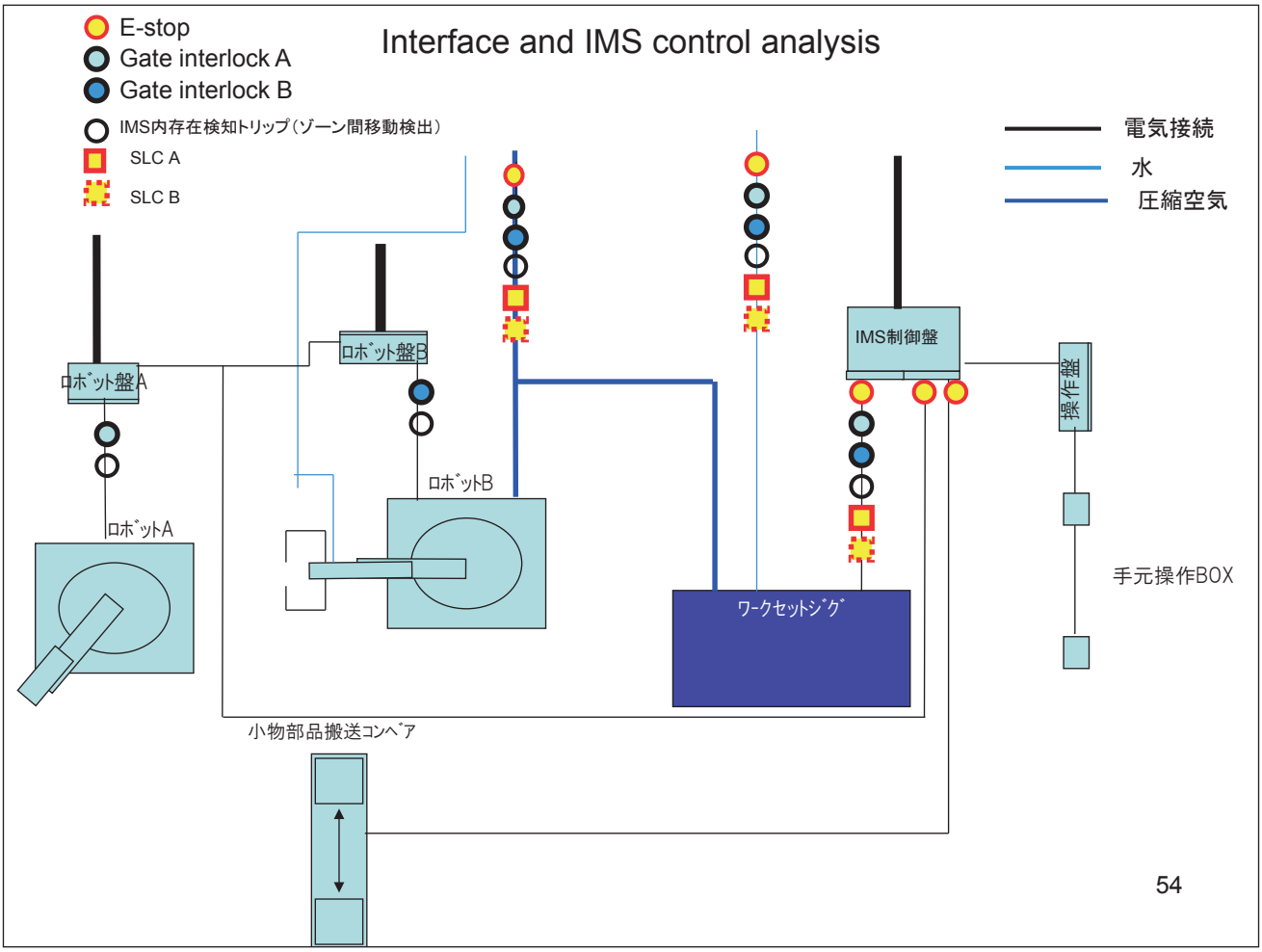
- Gate Bが停止するのはロボットBとジグ

52

2仕様策定

工程分析(通常製造時)						
IMS内に存在する機械	機械側の機能	人の介入の必要性	求められるガード機能	形成するゾーン(名)	？？？？	？？？？
ロボットB	溶接	無し	固定ガード系	Zone B		
ワークセットジグ	ワーク固定	有り	可動ガード(か保護装置)	Zone D		
小物搬送コンベア	小物部品搬送排出	有り	可動ガード(か保護装置)	Zone C		
ロボットA	小物部品搬送	無し	固定ガード系	Zone A		

53



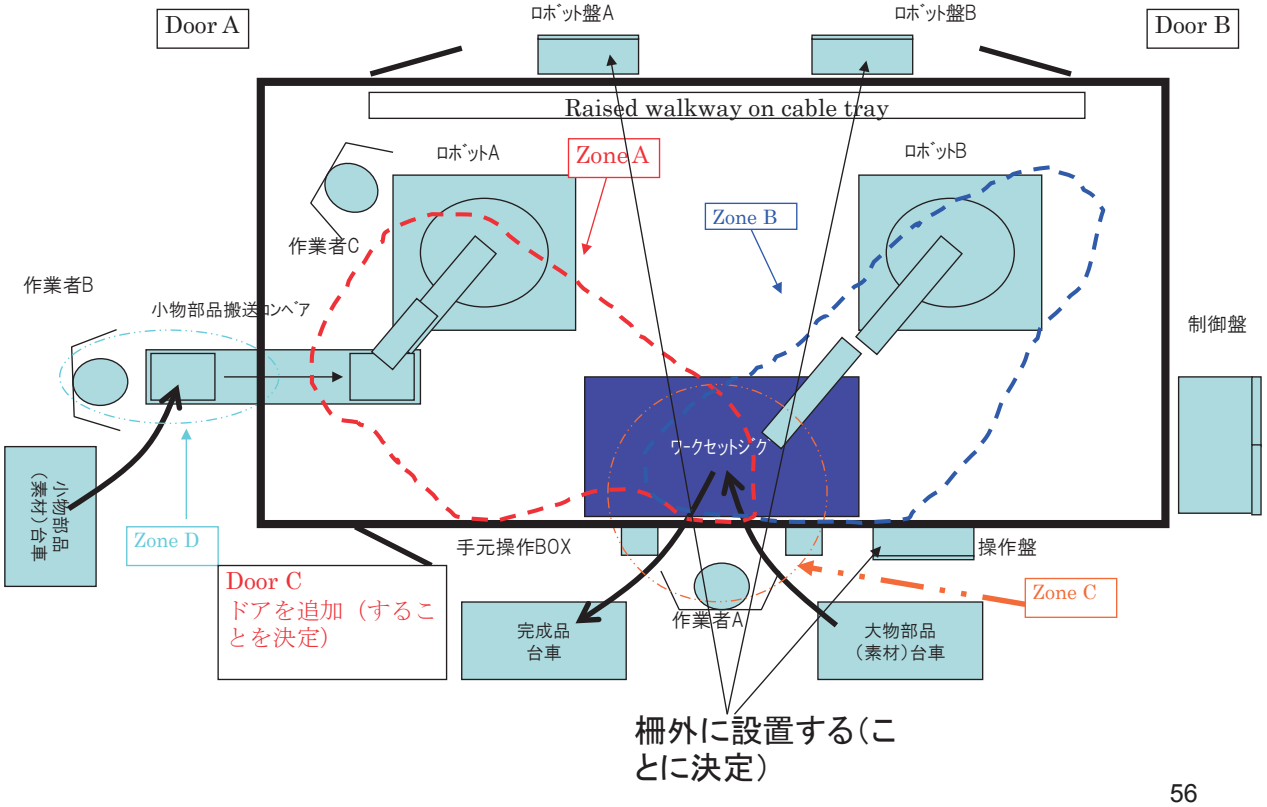
54

追加で必要となる機能、物品

追加Item		担当する機能	Interface with	停止する危険ゾーン或いは停止する部品
1	E-stop	システムの非常停止	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	All
2	Gate Interlock	意図したゾーンのみの停止（A或いはB）	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	Zone A or B
3	SLC A and B	ジグの停止 or ロボットの停止	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	Zone D, Zone A and B
4	ジグ操作（両手押し）	ジグの動作開始及び停止	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	Zone D
5	停止ボタン	全可動部停止	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	All
6	IDシステム	ゾーンない移動検出　作業者レベル検出	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	停止していないほうのZone
7	リミットスイッチ	SLCのMutingのトリガー信号生成	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	SLC A or B（Muting）
8	IMS統合制御盤	IMSの安全制御 機能制御 システム準備、システム停止、ジグの操作	IMS統合制御盤 → 各機器制御盤	N/A

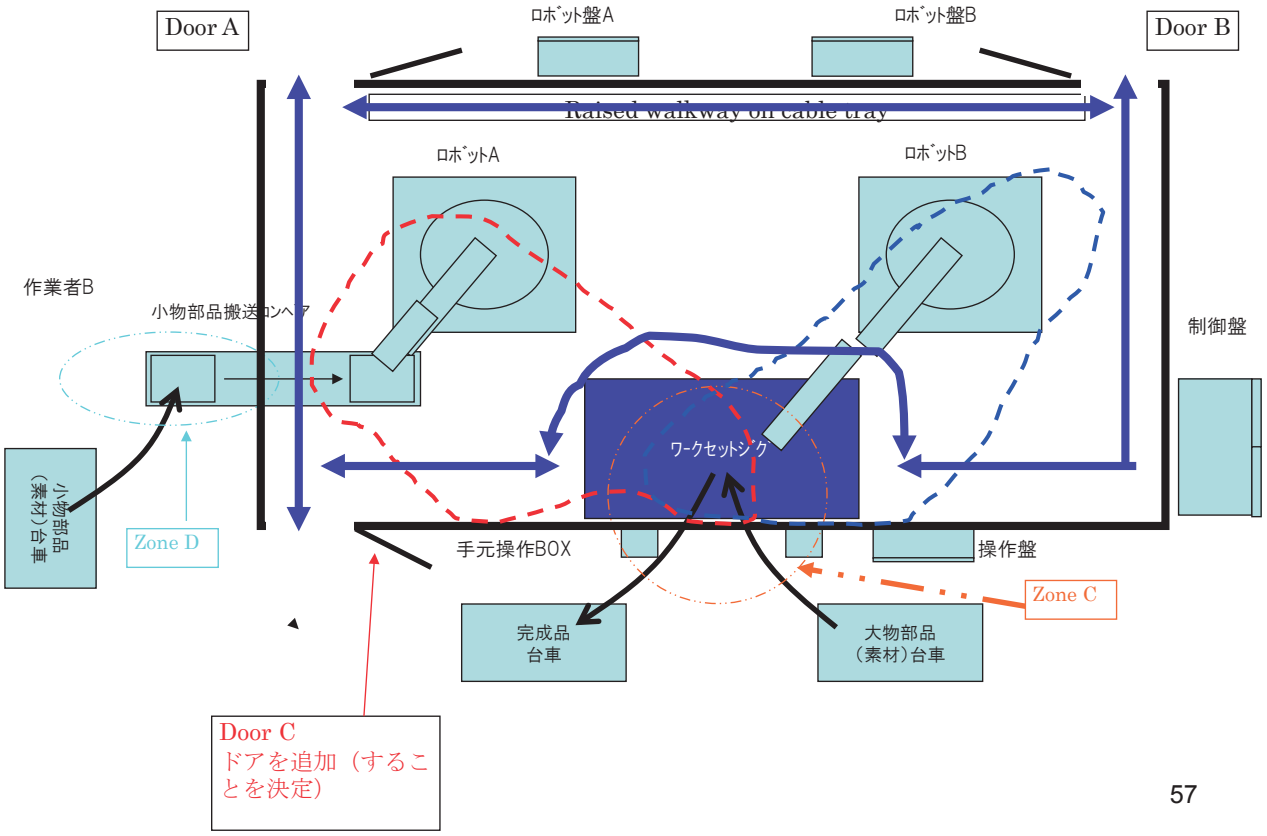
55

4詳細設計-6（7章全体）



56

4詳細設計-6（7章全体）



57

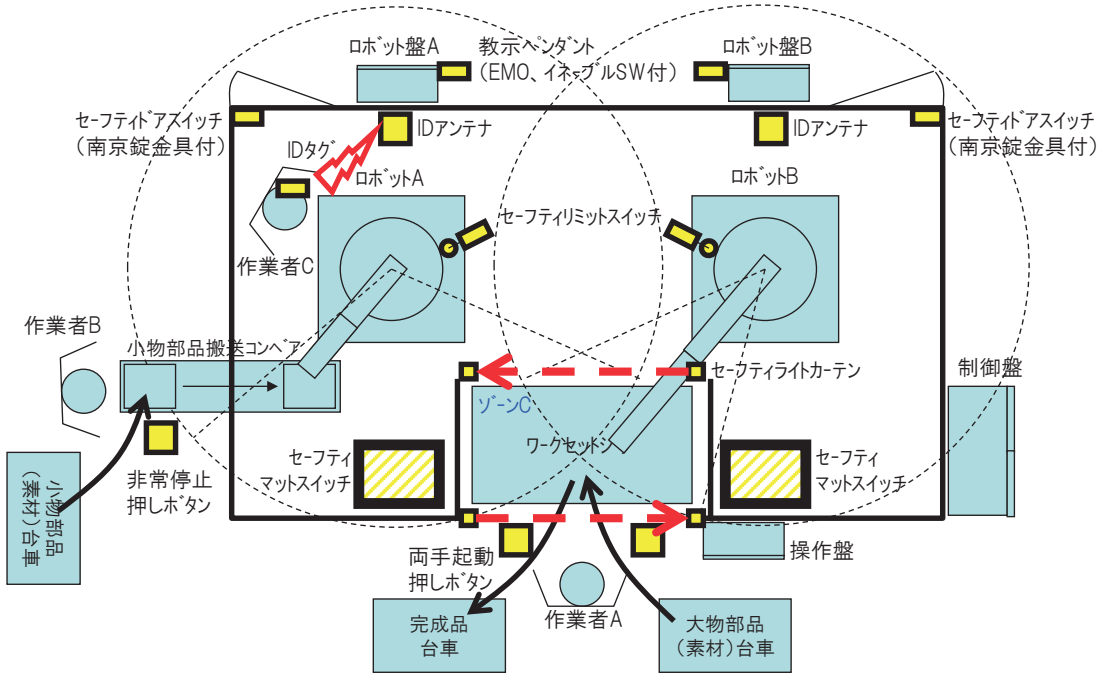
工程分析（Utility）			
IMS内に存在する機械	Utility	設置現場準備	Interface
ロボットB (+ロボット盤)	電気	AC 3相 440V	ロボット盤のMains Disconnect直結
	水	0.5m3/分	ロボットハンドコネクター
	圧縮空気	0.5MPa	ロボット本体コネクター
ワークセットジグ	電気 水 圧縮空気	・・・・・・	・・・・・・
小物搬送コンベア	IMS制御盤経由 (電気)	・・・・・・	・・・・・・
ロボットA (+ロボット盤)	電気 水 圧縮空気	・・・・・・	・・・・・・
操作ステーション（追加部品）	IMS制御盤経由 (電気)	・・・・・・	・・・・・・
IMS制御盤 (電気)	(電気)	・・・・・・	・・・・・・

58

工程分析（Interface）								
IMS内に存在する機械	ロボットB	ロボット盤B	ワークセットジグ	小物搬送コンベア	ロボットA	ロボット盤 A	操作ステーション	IMS統合制御盤
ロボットB		Yes	No	No	No	No	No	No
ロボット盤B	Yes		No	No	No	No	No	Yes
ワークセットジグ	No	No		No	No	No	No	Yes
小物搬送コンベア	No	No	No		No	No	No	Yes
ロボットA	No	No	No	No		Yes	No	No
ロボット盤 A	No	No	No	No	No		No	Yes
操作ステーション	No	No	No	No	No	No		Yes
IMS統合制御盤	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	

59

統合生産システム　TR用ﾓﾃﾞﾙ(To) 最終形



60

4詳細設計-8（4.5 5.3 5.4及び6章7章全体リスクアセスメントとゾーン分析、制御範囲分析の複合資料を今後作成する）

例：IMSを対象としたリスクアセスメントシート例

No.	Task	Task Zone	危険源	危険事象、状態	リスクレベル	保護方策	制御範囲		追加方策	Zone 間移動	保護方策後のリスクレベル	アクセス経路	避難経路	ISO12100-1	他
							停止ゾーン	動作ゾーン	要らんか？						
6.	Robot Teaching (use phase, setting, done by operator C< 1/day	Zone A B and C 周辺	ロボット A B	Crushing by robot A and B. Pinching by Work set jig. ジグを動かす必要は無い？	PL d	Lockout/tag out, Robot A and B. Teaching pendant with enable device. ISO12100 及び IEC60204-1 Mode 選択	Zone A B	Zone C	作業者限定、マニュアル記載、作業トレーニング	NA	PL c	IMS内部 Zone C 周辺		4.2	
7.	Work process correction when stopped (E.g. ナット落下等)	Zone C D 周辺	ロボット A B Work set jig	Crushing by robot A and B. Pinching by Work set jig.	PLd	Tripping by interlocked door + Lockout door accessory (key trap/exchange system)	Zone A B C	Zone D	作業者限定、マニュアル記載、作業トレーニング	可能	PL c	IMS内部		4.2	

61

【ISO11161WG】IMSにおけるTRタスク分析/危険分析/リスク分析表(案)

タスク分析							危険分析				リスク見積もり、低減、評価																
作業者（スキルレベル※1）	内容	ライフサイクル※2	運転モード	アクセスフロー 場所 位置	アクセスフロー 場所 関連エリア	種別	関連する危険源※3 ロボットA	関連する危険源※3 その他	危険分類※4	危険事象・状態	初期リスク※5 S	F	P	PLr	保護方策	制御範囲 停止ゾーン（停止Cat.）	制御範囲 動作ゾーン	方策後リスク S	F	P	PL	追加保護方策	最終リスク S	F	P	PL	妥当性評価 PL≦PL	使用上の情報	作業環境評価
作業者A（スキルレベル：2）	ワーク着脱	生産	自動	ワークセッティング前	C (A) (B)	定常	Δ	-	1	・ガンハ゜ドラ゛間挟まれ	2	2	1	d	・ワークセッティング手前にライトカーテン設置	C（Cat.0）	A, B	1	2	1	b	・ライトカーテン有効を示す表示灯追加	1	2	1	b		警告ラベル貼付け（皮手袋着用）	
											2	1	2	d	・ワークセッティング奥にライトカーテン設置	A, B（Cat.0）	C	1	1	1	a	・ライトカーテン有効を示す表示灯追加	1	1	1	a	OK		OK
											1	2	1	b	・皮手袋の着用	-	-	1	1	1	a	--	1	1	1	a			
							Δ	-	1	・ガンハ゜ドラ゛間挟まれ	2	2	1	d	・両手起動ボタンおよびコントローラ設置	C（Cat.0）	A, B	2	1	1	c	--	2	1	1	c		警告ラベル貼付け（盗び手防止）	
										・ロボットA, Bとの衝突	2	1	2	d	・ロボットA, Bに対し、ゾーンS設置による動作制限	A, B（Cat.0）	C	1	1	2	c	--	1	2	2	c	OK		OK
							Δ	-	3	・スパッタによるやけど	2	2	2	e	・長袖作業着、ヘルメット、保護メガネ着用	-	-	1	1	2	b	OK	1	1	2	b	OK	警告ラベル貼付け（安全保護具着用）	OK
							Δ	-	8	・不健康な姿勢での腰痛	1	2	1	b	・台車高さの最適化およびストッパ設置	-	-	1	1	1	a	--	1	1	1	a	OK	-	OK
作業者B（スキルレベル：1）	部品供給	生産	自動	コンベヤ前	D (A)	限定定常	Δ	-	1	・コンベヤローラでの引き込まれ	2	1	1	c	・コンベヤローラ間に保護カバー設置 ・トルクリミッタ付モータの採用	-	-	1	1	1	a	・手元に非常停止ボタン設置	1	1	1	a	OK	警告ラベル貼付け（手袋使用禁止）	OK
							Δ	-																					
							Δ	-																					
作業者C（スキルレベル：4）	ロボットA教示	調整	メンテ	主操作盤	-	非定常	-	-	-	--	-	-	-	-	-	A, B, C（Cat.2）	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
				ロボット操作盤	-		-	-	-	--	-	-	-	-	・ティーチモード切替時に動作速度を「低速」に切り替える	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	警告ラベル貼付け（キースイッチ持込）	OK
				可動ガード	A		O	-	1	・横内での閉じ込め ・ロボットAとの衝突	2	1	2	d	・可動ガードに南京錠金具付きドアインターロックを設置	A, B, C（Cat.1）	-	1	1	1	a	-	1	1	1	a	OK	警告ラベル貼付け（南京錠取付）	OK
				ガード内部	A (B) (C) (D)		O	-	1	・ロボットAとの衝突 ・ロボットBとの衝突 ・ワークセッティングでの挟まれ ・コンベアローラでの引き込まれ	2	1	2	d	・教示操作位置にマットスイッチ設置 ・各ロボットに対しレバードアロックSW設置およびフェンスロック設定 ・EMO、イネーブルSW、モード切替付き教示ペンダントの採用 ・ティーチング動作軸の選択が出来る切り替え機能を設ける	A, B（Cat.1） A, B（Cat.0） A, B（Cat.0） A, B（Cat.2）	A, B（但し溶接電源は遮断）	1	1	1	a	・教示作業者がスキルレベルであることを確認するIDシステムの設置	1	1	1	a	OK	警告ラベル貼付け（スキルレベル要求）	OK

【※1 作業スキルレベル例】
0=当該装置に一切関連しない作業者あるいは通行人
1=当該装置に対し限次的な関連を持ち、特定操作のみ許可された作業者
2=当該装置に対し常に関連を持ち、定常作業のみ許可された作業者
3=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ロボット教示作業以外の非定常作業を許可された作業者
4=当該装置に対し不定期に関連を持ち、ロボット教示作業を含む全ての非定常作業を許可された作業者

【※2 ライフサイクル】
据付/教示、設定/生産/メンテナンス/調整、トラブルシュート及び機能不良からの復帰/IMSの分解及び処分

【※3 凡例】
O=相互干渉の可能性あり
Δ=意図的に相互干渉可能（要すればΔとした理由）

【※4 危険分類】
1=機械的危険
2=電気的危険
3=熱的危険
一=相互干渉の可能性なし
4=騒音による危険
5=振動による危険
6=放射による危険
7=材料による危険
8=非人間工学の危険
9=機械の使用環境と関連した危険
10=組み合わせによる危険

【※5】
S=怪我の重大性
F=危険にさらされる頻度
P=危険を避ける可能性

62

ターゲット

- リスクアセスメントで決定された　PLr（またはSIL）を満足するための基本設計の実施
- システマティック故障を回避するための設計プロセス管理ルールの決定など
- CCFについても明確にしておく

63

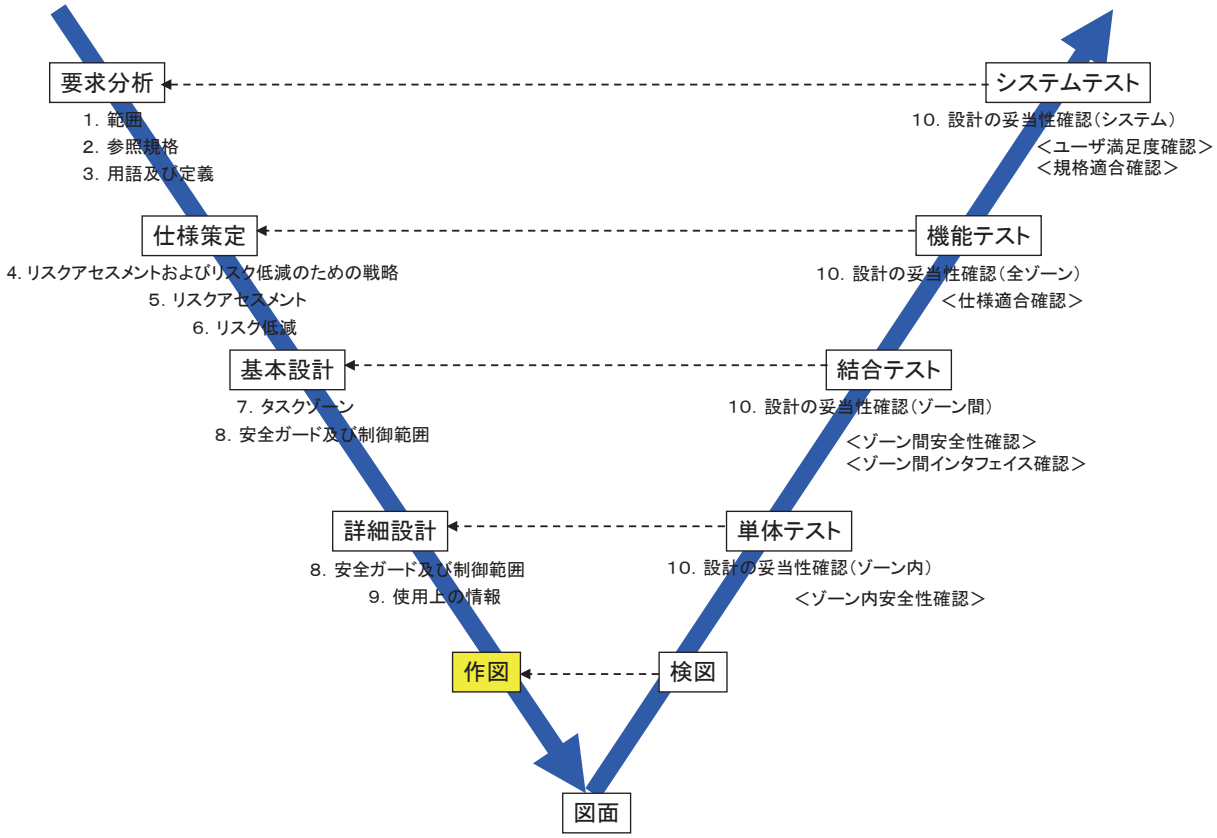
「仕様策定」時のポイント

例：関連規格一覧

ISO関連規格	Clause(章)	Contents(項目)	IEC関連規格	規格内関連	登場人物 インテグレータ	登場人物 サプライヤ	登場人物 ユーザ
–	–	Foreword 前書き （基本コンセプトの概要を含む）：HSLの人間機械協調モデルの参考	–	–			
–	–	Introduction 序論(前書きを踏まえ、一部加筆)	–	–	○ インテグレータは各々に全体の一部のみを知っている各事業体の協力を必要とする。		
–	1	Scope 範囲(前書きを踏まえ、一部加筆)	–	–			
ISO12100-1:2003 ISO12100-2:2003 ISO13849-1:2006 ISO13850:2006 ISO14121-1:2001 ISO14121-2:2001 ISO14122-1:2001 ISO14122-2:2001 ISO14122-3:2001 ISO14122-4:2004	2	Normative references 参照規格(再点検)	IEC60204-1:2005 IEC62061:2005 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃	〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃			
〃	3	Terms and definitions 用語及び定義(追加)	〃	〃	○ 3.2.4インテグレータやユーザもサプライになりえる	○ 3.2.4インテグレータやユーザもサプライになりえる	○ 3.2.4インテグレータやユーザもサプライになりえる 3.10インテグレータはオーカー、組立者、エンジニアリング会社あるいはユーザーとなるかもしれない。 3.11保護手段 ユーザーによって(機成、安全作業手順、指導、システム許可、規定、および追加安全ガードの使用、個人的な保護機器の使用、トレーニング) 3.27ユーザーmaintenance：メインテナ
〃	4	Strategy for risk assessment and risk reduction リスクアセスメントおよびリスク低減のための戦略(リスク管理区分の導入)	〃	〃			
ISO 12100-1:2003	4.1	General 一般事項	〃	Annex B	○ インテグレータは適切なリスク低減を成し遂げるために構成機マシンおよび関係する設備のユーザーおよびサプライヤ(付随的参照)と協働しなければならな	○ インテグレータは適切なリスク低減を成し遂げるために構成機マシンおよび関係する設備の	○ インテグレータは適切なリスク低減を成し遂げるために構成機マシンおよび関係する設備のユーザーおよびサプライヤ(付随的参照)と協働しなければならな
ISO12100-2:2003			〃	Clause 5			
ISO14121-1:2001			〃	risk assessment			
ISO14121-2:2001			〃	Clause 6			
ISO12100-1:2003 Figure 2			〃	risk reduction			

64

統合生産システム構築フロー



65

付 録 2 “付録 1”の概要

1　タスクベースドアプローチ

1　タスクベースドアプローチ手順

タスク分析、危険源分析、リスク査定、リスク評価

2　内　容

タスクベースアプローチとは、設備で想定される作業者の作業内容や機械との相互関係などを元に、危険源を洗い出し、リスクを見積もり、リスクを低減するための必要な技術的対策を講じ、リスク評価を行い、最終的に設備を構築する手法である。

3　作業者Aを例にとると

（1）作業者Aのタスクの決定：部品の搬入・搬出

（2）作業者Aのタスク領域の決定：ゾーンC

（3）ゾーンCにおける傷害のリスク分析（ex.ロボットA又はBに激突、ロボットAとロボットBに挟まれなど）

（4）ロボットA及び/又はロボットBによる傷害回避等の対策（ex. 両手起動押しボタンの設置、ゾーンCにおいて2台のロボットアームが同時に進入しないようにする（相互干渉しない）etc）

2　使用される特殊用語（ISO11161に基づく）

●IMS/統合生産システム

調和された様式で，別個のパーツあるいは組立品の生産，処理，移動あるいは包装用に，材料搬送システムによってリンクされ，制御機器（すなわちIMS制御機器）によって連携されて，一緒に作動する機械の集合体.

●インテグレータ

統合生産システムを設計，提供，製作，あるいは組立を行う者および保護装置，制御インタフェースおよび制御システムの相互連携関係者を含む安全推進担当を行う者．インテグレータはメーカー，組立者，エンジニアリング会社あるいはユーザーとなるかもしれない.

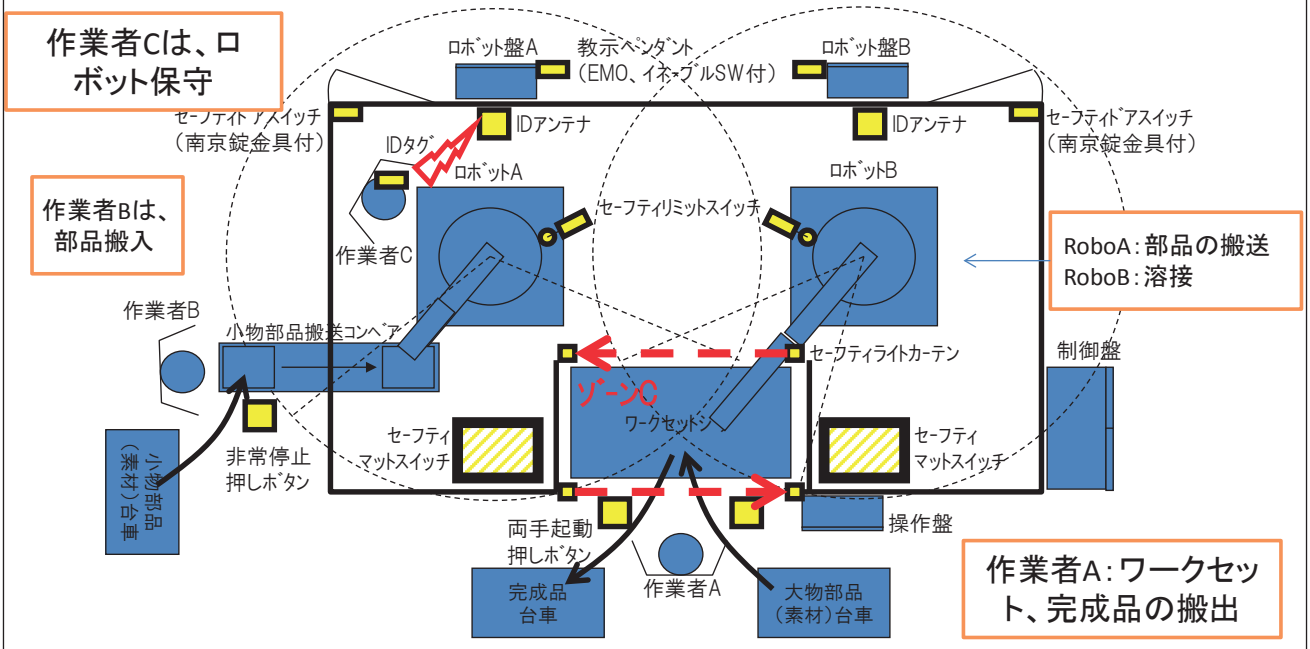
●タスクゾーン

オペレーターが作業を行なうことができるIMS 内および／または周囲のいずれかの事前に決められた空間.

●制御範囲

特定の装置の制御の下で事前に決められたIMS 部分.

3　生産システム例－ロボット2台とコンベア1台

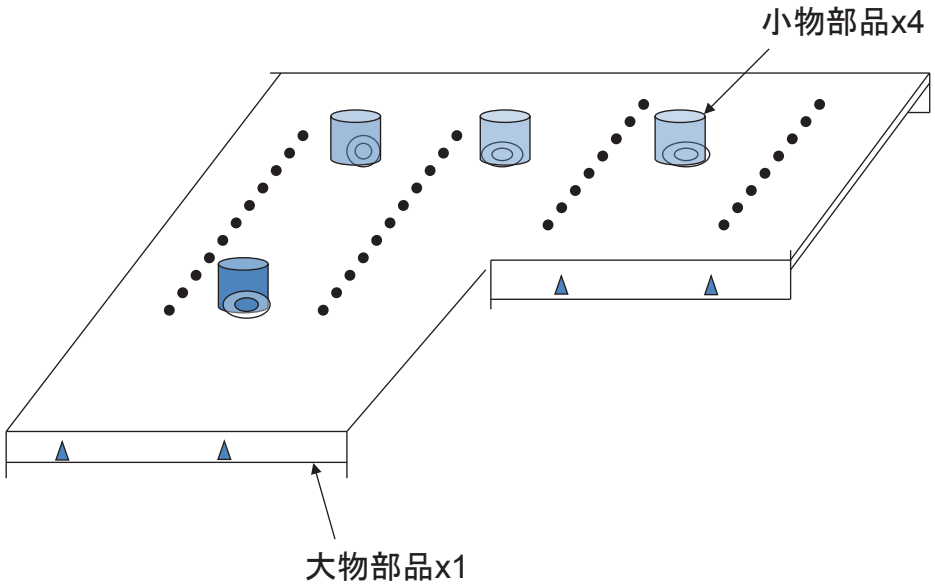


●システムを構築する場合、必要とされる実施内容は、
1　要求分析　→　2　仕様策定　→　3　基本設計　→　4　詳細設計

●安全要求事項（RA実施含む）を組み込む作業は、「タスクベースドアプローチ」により、実施。

＊タスクベースドアプローチ（タスク分析、危険源分析、リスク査定、リスク評価）

製造物最終形イメージ



4 要求分析と仕様策定

①設置場所の分析 ②製造物の分析 ③必要な機械機能と生産能力の見積もり

ユーザ		インテグレータ		サプライヤ
次の上方を提供 〇成果物情報 〇生産能力要求 〇設置現場情報 〇コスト、設置面積、環境、法規、などに依存する制限情報など	⇒ ←	ユーザからの情報を元に次を実施 〇ユーザ情報の分析 〇生産システム構築のための機械等の見積もり 〇サプライヤへ機器の選定のための情報提供	⇒ ←	インテグレータからの情報を元に 〇選定した各機器の仕様、規格適合情報や制限情報を作成し提供 〇選定した各機器の環境条件と設置条件との整合分析をし、機能性安全性の有効性検証を行う。改造や機能修正、削除、追加項目の抽出を実施し、その情報を提供

①から③の内容を下のようにまとめる

IMSに要求される事項						必要な機械機能	
	ユーザ要求	類似IMS実績	計画1	計画2		IMSに内在する機械	機械の機能
製造物	自動車部品	実績あり	自動車部品	自動車部品		ロボット	溶接
生産能力 (タクトタイム)	60秒	90秒	90秒	90秒	⇒	ワークセットジグ	ワーク固定
専有面積 設置場所 状況(高さ)	100m2 10×10 4m	64m2 8×8 3.7m	70m2 10×10 4m	64m2 8×8 3.7m		搬送コンベア	部品搬送/搬出
コスト	・・・・	・・・・	・・・・	・・・・			

5 タスク分析で決定すべき事項

①タスク内容	**生産に必要な作業，保守，修理などの，インテグレータとして予見できる作業及び各部品サブユニットなどの供給者が予見する作業.**
②作業者	スキルレベルについては，インテグレータや機械製造者，ユーザなどで行う教育訓練，受講などで任意に設定する．スキルレベルの相違は実施する作業レベルに連動し，その作業レベルの高低やグループ分けについてはユーザと整合を取る必要がある.
③ライフサイクル	据付／教示，設定／生産／メンテナンス／調整，トラブルシュート及び機能不良からの復帰／統合生産システムの分解及び処分.
④制御モード	制御モードについて最も留意すべきことは，モード変更により安全インタロックのバイパス（無効化）ができないようにすることである.
⑤アクセスフロー（アクセス経路及びアクセス場所】	・作業実施場所へ安全にアクセス及び避難できること. ・業実施場所にて安全に快適に作業可能なこと. ・停止ゾーン、動作ゾーン ・システム内外で作業者が実際に作業を行う場所全てを特定し，そのエリアを識別表示する. ・特定した作業エリアと，隣接するエリアへ到達可能な場合を関連するエリアとする. ・作業がどのように実施されるかを記述する.
⑥頻度	作業頻度，アクセス頻度の記述.
⑦種別	作業の種別とスキルレベルの一致確認.
⑧制御範囲	ある安全機能の発動により停止する部分の記述（機械上のゾーン分け）. 【停止ゾーン】 上記で識別したゾーンのうち，安全機能の発動で停止するゾーンの記述. 【動作ゾーン】 停止ゾーン以外でIMS内で動作しているゾーンの記述.

5.1 タスク分析－作業者タスクと機械タスク

機械のタスク / 人のタスク	ロボットA 部品コンベヤから投入された部品をワークセットジグまで搬送しセットする.	ロボットB ワークセットジグ上に配置されたそれぞれの部品を溶接する.	ワークセット治具 ロボットA及び作業者によってｾｯﾄされた部品をｸﾗﾝﾌﾟする.	コンベア 柵外でセットされた部品トレイを柵内へ搬送し，空箱を排出する.
作業者A IMSのオペレータ. 定常作業として，ジグへのワークセット，完成品の取出しを，柵外から行う.	物理的な障壁なし. ワークセットジグ上にて作業中であれば，当該作業が完了するまでロボットAは待機位置にて停止.	物理的な障壁なし. ワークセットジグ上にて作業中であれば，当該作業が完了するまでロボットBは待機位置にて停止.	物理的な障壁なし. ワークセットジグ上にて作業中であれば，当該作業が完了するまでクランプ動作停止.	関連なし.
作業者B IMSへの部品供給担当. 定常作業として，柵外から部品投入のみを行う.	一部，物理的な障壁なし. 部品供給口からロボット可動範囲内に上肢のみ侵入可能であり，ライトカーテンにて侵入検知される.	関連なし	関連なし	物理的な障壁なし. IMSの状態に関わらず，柵外から定期的に部品供給を行う.

5.2 タスク分析－例

作業者	作業内容	ライフサイクル	運転モード	アクセスフロー			頻度(Sec)	種別
				場所		手　順		
				位置	関連エリア			
作業者A (スキル2)	ワーク着脱	生産	自動	ワークセットジグ前	C A B	①台車より部品を取り，ワークセットジグ上にｾｯﾄ. ②クランパ起動ボタンでワーククランプする. ③ワーククランプ完了後，サイクル起動ﾎﾞﾀﾝを押す. ④溶接及びアンクランプ完了後，完成品を取り，完成品台車へ置く.	60	定常
作業者B (スキル1)	部品供給	生産	自動	コンベヤ前	D A	①柵内より返却された通い箱を取り出す. ②部品台車より通い箱を取り，コンベア上にｾｯﾄする. ③投入予約ﾎﾞﾀﾝを押す.	3,600	間欠 定常

＊スキル
0＝当該装置に一切関連しない作業者又は通行人
1＝当該装置に間欠的な関連をもち，特定操作のみ許可された作業者
2＝当該装置に対し常に関連をもち，定常作業のみ許可された作業者
3= 当該装置に対し不定期に関連を持ち，ロボット教示作業以外の非定常作業を許可された作業者
4= 当該装置に対し不定期に関連を持ち，ロボット教示作業を含む全ての非定常作業を許可された作業者

5.3 タスク分析と危険源(危険源・危険事象・危険状態)分析例

タスク分析						危険源分析					
作業者	作業内容	ライフサイクル	運転モード	アクセスフロー 場所 位置	場所 関連エリア	関連する危険源 ロボットA	ロボットB	ワークセットジグ	コンベヤ	リスク分類	危険源・危険事象・危険状態
作業者A スキル2	ワーク着脱	生産	自動	ワークセットジグ前	C (A) (B)	△	△	○	ー	1 1 1	・クランパとワーク間はさまれ ・ロボットA、Bとの衝突 ・ﾜｰｸﾊﾞﾘによるこすれ
						△	△	○	ー	1 1	・クランパとワーク間はさまれ ・ロボットA、Bとの衝突
						△	△	○	ー	3	・スパッタによるやけど
						△	△	○	ー	8	・不健康な姿勢での腰痛
作業者B スキル1	部品供給	生産	自動	コンベヤ前	D (A)	△	ー	ー	○	1	・コンベヤローラでの引き込まれ

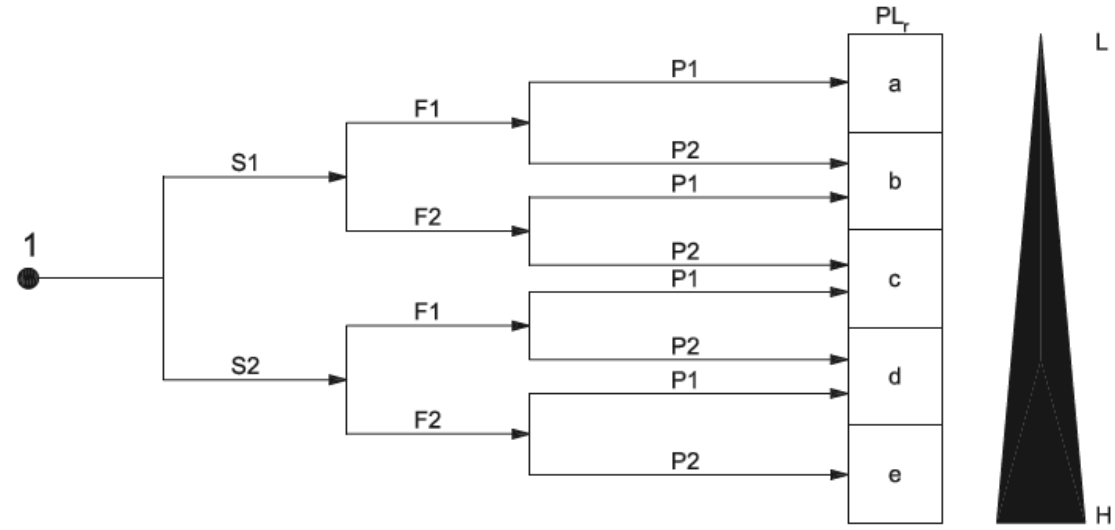
制御範囲で識別された，停止ゾーンと動作ゾーンの関係で作業者が曝される危険源を，次のように分類
○ : 直接的に関連する＝相互干渉の可能性あり
△ : 間接的に関連する＝ゾーンをまたいだときに相互干渉の可能性あり(要すれば△とした理由を明記する)
ー : 関連しない＝相互干渉の可能性なし

1＝機械的危険源 2＝電気的危険源 3＝熱的危険源 4＝騒音による危険源 5＝振動による危険源
6＝放射による危険源 7＝材料による危険源 8＝人間工学の危険源 9＝機械の使用環境と関連した危険源
10＝組合せによる危険源

5.4 リスク分析見積もりとリスク評価の例

初期リスク				保護方策	制御範囲		方策後最終リスク				追加方策	妥当性評価	使用上の情報	作業環境評価
S	F	P	PLr		停止ゾーン	動作ゾーン	S	F	P	PL				
2	2	1	d	• ワークセットジグ手前にライトカーテン設置	C (Cat.0)	A, B	1	2	1	b	• ライトカーテン有効を示す表示灯追加	OK	警告ラベル貼付け(皮手袋着用)	OK
2	1	2	d	• ワークセットジグ奥にライトカーテン設置	A, B (Cat.0)	C	1	1	1	a	• ライトカーテン有効を示す表示灯追加			
1	2	1		• 皮手袋の着用	―	―	1	1	1		……			
2	2	1	d	• 両手起動ボタン及びコントローラ設置	C (Cat.0)	A, B	2	1	1	c	……	OK	警告ラベル貼付け(遊び手防止)	OK
2	1	2	d	• ロボットA, Bに対し，ゾーンLS設置による動作制限	A, B (Cat.0)	C	1	2	2	c	……			

参考:ISO13849-1:2006



記号の説明

1　リスク低減に安全機能の寄与度を評価するための開始点
L　リスク低減への寄与度“低”
H　リスク低減への寄与度“高”
PL_r　要求パフォーマンスレベル
S　傷害のひどさ
S1　軽症（通常，回復可能な傷害）
S2　重傷（通常，回復不可能又は死亡）
F　危険源への暴露の頻度及び／又は時間
F1　まれ～低頻度，及び／又はさらされる時間が短い
F2　高頻度～連続，及び／又はさらされる時間が長い
P　危険源回避又は危害の制限の可能性
P1　特定の条件下で可能
P2　ほとんど不可能

図 A.1－安全機能に対する要求 PL_r 決定のためのリスクグラフ

RING!RING! プロジェクト

この報告書は、競輪の補助金により作成しました。

http://ringring-keirin.jp/

非　売　品

禁無断転載

平成 26 年度

安全な生産システムの構築能力向上のための

調査研究報告書

発　行　平成 27 年 3 月

発行者　一般社団法人日本機械工業連合会

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号

電話 ： 03-3434-9436